

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf
:.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme
MASTER

Thème

**Élaboration d'un fromage frais enrichi par
une compilation de quatre plantes (épinard,
tomate, ail et piment)**

Présenté par :
Yettou Manel et Ait Ougueni Kahina

Soutenu le : 01 Juillet 2019

Devant le jury composé de :

Nom et prénom	Grade	
M^{elle} Achat S.	MCA	Présidente
M^{me}Guendouze-Bouchefa N.	MCB	Promotrice
M^{me}Tazart K.	MCB	Examinatrice

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

De nos cœurs s'élève cette humble mais o combien sincère gratitude envers Dieu le tout puissant qui nous a octroyé la santé et la patience nécessaires pour mener à terme notre modeste recherche.

Par ailleurs, nous adressons avec ferueur, nos remerciements les plus vifs à notre promotrice Madame Guendouze Naima pour avoir accepté de nous encadrer, pour avoir mis à notre disposition son précieux temps, ses compétences, ses orientations et ses conseils.

Nos remerciements sincères vont aussi à Madame Achat S. pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury et à Madame Tazriart K. pour avoir bien voulu examiner notre travail.

Nous remercions chaleureusement notre co-promoteur Monsieur Allout Nadir et son équipe R.D (Yacine et Safi) au niveau de la Laiterie SCUMMAM pour leur aide et leurs conseils, leur disponibilité aussi à nous inculquer de leur savoir-faire dans le domaine.

Nous remercions de même Messieurs Taalba Salim et Hamitouche Brahim de la même unité.

Nous ne pouvons pas oublier M^{lle} Kerroui Sana Nesrine qui nous a aidé dans notre travail, le personnel de notre département et tous nos enseignants qui nous ont formé durant tout notre cursus universitaire.

On tient à remercier particulièrement Yettou Taous (Tawa) pour son aide incommensurable et son soutien tout au long de notre quête.

Nous remercions également tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce modeste travail.

Manel et Kahina

Dédicases

Je dédie ce modeste travail de recherche à Yettou Taous (Tawa), cette personne si chère à mes yeux, Je voulais te dire merci d'avoir été et d'être, aujourd'hui encore, le meilleur modèle dont pouvait rêver un enfant ; de t'être convertie en mon ange gardien, de rendre mes peines plus légères, de m'avoir donné ton cœur plein d'amour vrai et de me donner la force de réaliser l'impossible ;

A mon père et ma mère, ces deux créatures si proches de mon âme. Que de sacrifices vous avez consentis pour nous vos enfants !. Que Dieu vous accorde une très longue vie ;

A mon très cher oncle Rachid, je n'oublierais pas ta disponibilité, ton aide et ta bonté;

A mes très chers et adorés frères Manil et Khaled ;

A ma merveilleuse Sœur Chérifa ;

A mon adorable cousin Yahia ;

Et à mes autres cousins : Tarik, Oussama et Asma ;

A tous mes oncles et toutes tantes qu'ils se reconnaissent tous dans cet espace ;

A mon grand père paternel, et mes deux grands-mères, tous décédés. j'aurais tant aimé que vous soyez là ; Que Dieu vous garde dans son vaste paradis et à mon Grand-père maternel, à qui je souhaie la guérison

A ma merveilleuse binome, Kahina qui est mon âme sœur et l'amie idéale

Sans oublier, ma chère et tendre amie Belkacemie Naima je n'oublierais pas les moments uniques que nous avons passés ensemble

A toutes les personnes qui, par un sourire ou une parole m'ont soutenue.



Manel. S

Dédicaces

Je dédie ce travail à ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour

Et ceux à qui je dois tant

A mes chers parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mon précieux frère Lyes ;

A mes chers soeurs : Nacera et Sabrina ;

Mes aimables beaux frères : Salah et Tahar ;

Mes neveux : Myliane , Nohame et Amir mon futur neveu ;

A mes grands parents : Ima Jaja, Ima Mnana, Jeddi Smail

A mes oncles et leurs familles ;

A ma binome que je considère comme ma seour : Manalouch

A mes cheres copines : Ma Lylouche, Mouna, Lydia, Zina et sans oublier Belkacemi Naima ;

Mon cher ami Saber.

Et enfin, sans oublier tout ceux ou toutes celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.



Kahina

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Partie théorique

Chapitre I : Généralités sur le fromage

I.1.Histoire du fromage.....	2
I.2.Définition	2
I.3.Variétés de fromages	2
I.4.Technologie de fabrication du fromage frais.....	3
I.4.1.Coagulation.....	3
I.4.2.Egouttage.....	4
I.4.3.Salage et affinage	4
I.5.Fromage frais.....	4
I.5.1.Définition.....	4
I.5.2.Composition du fromage frais et valeur énergétique.....	4
I.5.3.Matières premières utilisées dans la fabrication du fromage frais.....	5
I.5.4.Autres ingrédients.....	5
I.6.Enrichissement.....	6

Chapitre II : Généralités sur les plantes utilisées

II.1.Les épinards	7
II.1.1.Description et taxonomie.....	7
II.1.2.Origine et répartition.....	7
II.1.3.Composition.Valeur nutritive.....	8
II.1.4.Bienfaits des épinards.....	8
II.2.Tomate.....	8

II.2.1.Déscription et Taxonomie.....	8
II.2.2.Composition et valeur nutritionnelle.....	9
II.3.Ail.....	10
II.3.1.Déscription et Taxonomie.....	10
II.3.2.Composition et valeur nutritionnelle.....	11
II.4 Piment.....	11
II.4.1.Déscription et Taxonomie.....	11
II.4.2.Composition et valeur nutritionnelle.....	12

Partie pratique

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1Déscription de la matrice végétale.....	13
III.2.Récolte des échantillons.....	13
III.3.Préparation et séchage de la matrice végétale.....	13
III.4.Fabrication du fromage.....	16
III.5.Analyses physico-chimiques (pH, acidité, protéines, matière grasse, EST,...).....	18
III.6.Analyses microbiologiques (germes recherchés et dénombrés	24
III.7.Analyses phytochimiques (polyphénols,...).....	25
III.8.Analyses sensorielles.....	26

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1.Caractéristiques physico-chimiques du fromage frais.....	27
IV.2.Eude phytochimique.....	32
IV3. Analyses microbiologiques.....	34
IV.4.Analyses sensorielles.....	37

Conclusion et perspectives	42
---	----

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

Abs : Absence.

AFNOR : Association Française de la Normalisation.

BPF : Bonnes Pratiques de Fabrication.

BPH : Bonnes Pratiques d'hygiène.

Crfr : Crème fraîche.

°D: Degré Dornic.

EST : Extrait sec total.

FAO: Food and Agriculture Organisation.

FTAM : Flore totale aérobie mésophile.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

Kcal: Kilo calories.

Kj: Kilo joules.

Mg EG : milligramme équivalent acide gallique.

Mg EQ : milligramme équivalent quercétine.

MG : Matière grasse .

MP : Matière protéique.

MS : Matière sèche.

PCA : Plate Count Agar.

PDL : Poudre de lait.

Prép. Alim : Préparation Alimentaire.

S.Réf : Sortie refroidisseur.

S.therm : Sortie thermiseur.

TMPF : Tanck de maturation de la pâte fraîche .

VF : Viande foie.

VRBG : Gélose glucosé billiée au cristal violet et au rouge neutre.

VRBL : Gélose lactosé billiée au cristal violet et au rouge neutre.

YGC : Yest Glucose Chloramphenicol.

Liste des tableaux

Tableau I :: Composition moyenne du fromage frais pour 100g.....	5
Tableau II : Taxonomie de l'épinard.....	7
Tableau III : Composition et la valeur nutritionnelle pour 100g d'épinard.....	8
Tableau IV : Taxonomie de la tomate.....	9
Tableau V : Composition et valeur nutritionnelle de la tomate	10
Tableau VI : Taxonomie de l'ail.....	11
Tableau VII : Composition et valeur nutritionnelle de l'Ail.....	11
Tableau VIII : Taxonomie du Piment	12
Tableau IX : Composition et valeur nutritionnelle du piment.....	12
Tableau X : Différentes analyses physico-chimiques effectuées tout au long de la chaîne de production.....	19
Tableau XI : Différentes analyses microbiologiques effectuées.....	24
Tableau XII : Conditions de l'analyse microbiologique.....	25
Tableau XIII : Résultats d'analyses physico chimique de la poudre du lait.....	27
Tableau XIV : Résultats des analyses physico-chimiques effectués sur le lait cru.....	28
Tableau XV : Résultats des analyses physico chimiques du caillé maigre.....	29
Tableau XVI : Résultats des analyses physico-chimiques de la crème fraîche.....	30
Tableau XVII : Résultats des analyses physico-chimiques du fromage frais et du fromage enrichi.....	31
Tableau XVIII : Résultats des analyses microbiologiques de la préparation alimentaire..	34
Tableau XIX : Résultats des analyses microbiologiques du produit semi fini.....	35
Tableau XX : Résultats des analyses microbiologiques du produit fini.....	36
Tableau XXI : Résultats des analyses microbiologiques du fromage enrichi.....	37
Tableau XXII : Évaluation du plan d'expériences	38
Tableau XXIII : Moyenne ajustées par produits.....	41
Tableau XXIV : Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet.....	42
Tableau XXV : Objets classés par ordre croissant de préférence.....	42

Liste des figures

Figure 01 : Photographie de l'épinard.....	7
Figure 02 : Photographie de la tomate.....	9
Figure 03 : Photographie d'ail.....	10
Figure 04 : Photographie du piment.....	11
Figure 05 : Photographie des plantes utilisées.....	13
Figure 06 : Diagramme de fabrication de la préparation alimentaire.....	15
Figure 07 : Diagramme de fabrication du fromage frais SOUMMAM.....	17
Figure 08 : Diagramme de fabrication d'un fromage enrichi.....	18
Figure 09 : La teneur en cendre des trois échantillons	33
Figure 10 : Teneur en polyphénols totaux des échantillons analysés.....	33
Figure 11 : Teneurs en flavonoïdes des deux échantillons en mg EQ/g MS.....	34
Figure 12 : Pouvoir discriminant par descripteur.....	38
Figure 13 : Coefficient des modèles de l'échantillon A.....	39
Figure 14 : Coefficient des modèles de l'échantillon B.....	39
Figure 14 : Courbe de niveau et carte de préférences.....	41

Introduction

Introduction

L'Homme a toujours cherché à se servir des plantes pour assurer sa survie et à en tirer des remèdes pour soigner ses maladies (**Tabuti et al., 2003**).

De nombreux spécialistes dans la nutrition humaine s'intéressent de plus en plus à la diversification et à l'emploi combiné de produits (germes de blé, lactosérum,...) dans les nouvelles formulations alimentaires, sans pour autant changer leurs qualités nutritionnelle et organoleptique, voir parfois les enrichir (**Brennan et al., 2003; Chillo et al., 2008**).

L'industrie laitière est probablement le secteur le plus diversifié et flexible de l'industrie alimentaire. La flexibilité du lait comme matière première réside dans ses propriétés physico-chimiques et ses constituants. Les principaux constituants du lait peuvent être modifiés par des procédés enzymatiques, chimiques et/ou de méthodes physiques, permettant la production d'autres produits tels que les fromages frais (**Fox, 2003**). Le fromage constitue un élément important dans l'alimentation humaine. Ses taux élevés en lactose, lipides et protéines en font de lui un aliment nutritif riche en énergie (**Walther et al., 2008**).

Il existe toutefois un autre type de fromage qui est le fromage frais enrichi aux herbes, épices, et autres plantes qui sont ajoutées au fromage dans le but d'améliorer sa saveur, couleur et présentation, ainsi que son attractivité vis-à-vis des consommateurs. De plus, ces herbes et épices sont une source de composés favorisant la santé et le bien-être des consommateurs (**Hayaloglu et FarKye, 2011**).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail qui vise à élaborer un fromage frais enrichi avec quatre légumes (épinard, tomate, ail et piment). Ce travail a été réalisé au niveau de la laiterie SOUMMAM.

A cet égard, ce travail est réparti en deux sections :

- ❖ Une partie théorique qui comporte des généralités sur le fromage frais et les plantes utilisées;
- ❖ Une partie pratique qui traite le processus d'élaboration du fromage frais enrichi et le suivi des différentes analyses effectuées sur ce dernier.

Partie théorique

Chapitre I : Généralités sur le fromage

I.1. Histoire du fromage

L'histoire du fromage remonterait au Néolithique. Le terme "fromage" est associé à : la domestication et à la traite des femelles (vers 7000 ans Avant J-C), l'évolution naturelle du lait qui "tourne" et l'utilisation d'outres, faites d'estomac de ruminant, pour mettre le lait. Par la suite, les Grecs ont employé des plantes qui font cailler le lait (gaillet, chardon,...) et plus tard, les Romains ont développé l'usage de la présure. Le mot "Fromage" dérive du latin « *formaticum* » qui veut dire « ce qui est fait dans une *forme* ». Le mot apparaît au Moyen-âge (1200-1500 Après J-C) dans la langue Française où il désigna la variation ou le fromage ; le mot utilisé étant *fromgi*, *fromton* (**Dulor, 2002**).

I.2. Définition du fromage

Selon la norme codex, le fromage est un produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséines ne dépasse pas celui du lait. Le fromage est obtenu par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation. D'autres techniques de fabrication sont aussi utilisées entraînant la coagulation du lait de manière à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles similaires à celles de la définition précédente (**Carole, 2002**).

I.3. Variétés de fromage

Selon le mode d'élaboration, il existe plusieurs types de fromage :

- ❖ Les fromages frais ;
- ❖ Les fromages fondus ;
- ❖ Les fromages à pâte molle (à croûte lavée ; à croûte fleurie) ;
- ❖ les fromages à pâte pressées (cuite ; non cuite) ;
- ❖ Les fromages à pâte persillées (**Mahaut et al., 2007**).

I.4. Technologie de fabrication d'un fromage

Les principes de base de la fabrication des fromages sont les mêmes pour presque toutes les catégories de fromage. La fabrication consiste à enlever l'eau du lait avec pour conséquence la concentration d'une partie des protéines, des lipides, des minéraux et des vitamines. Les processus impliqués sont: la préparation du lait, la coagulation, l'égouttage, le salage et l'affinage (**Grappin et al., 2006**).

I.4.1. Coagulation

La coagulation correspond à une déstabilisation des micelles de caséines qui flocculent, puis se soudent pour former un gel emprisonnant les éléments solubles du lait. Elle peut être provoquée par acidification, par l'action d'une enzyme ou encore par l'action combinée des deux (**Lapointe-Vignola, 2002**). L'aptitude à la coagulation du lait dépend de son pH initiale, puis de sa teneur en calcium colloïdal et en caséines qui jouent un rôle primordial dans la mise en place du gel (**Huurtaud et al., 2001**).

a. Coagulation par acidification

Le mécanisme de la coagulation acide est de nature électrochimique (**Ramet, 1985**). Elle est provoquée par la flore lactique qui transforme le lactose en acide lactique (**Gelais et Tirard, 2002**), ou par addition d'un acide minérale ou organique comme l'acide citrique (**Gelais et Tirard, 2002**).

b. Coagulation enzymatique

Il y a un grand nombre d'enzymes protéolytiques ayant la propriété de coaguler le lait, certaines sont d'origine animale comme la présure (composée de 80% de chymosine et 20% de pepsine) et d'autres d'origines végétale (**Veisseyre, 1975**).

C. Voie mixte

C'est le résultat de l'action conjointe de la présure et de l'acidification lactique dans la pratique industrielle. Cependant, la formation du coagulum se fait généralement dominante par la présure (**FAO, 1996**).

I.4.2. Egouttage

Cette phase consiste en l'élimination plus ou moins grande du lactosérum emprisonné dans les mailles de gel formé par la voie acide et/ou enzymatique. Il est possible de distinguer dans cette phase deux actions complémentaires :

- L'expulsion du sérum par le coagulum qui se contracte et se concentre « Synérèse » ;
- La séparation du sérum et du caillé par action physique (**Jeantet, 2017**).

I.4.3. Salage et affinage

a. Salage

Le salage a un rôle sensoriel, en donnant une saveur marquée au produit, et un rôle technologique en complétant l'égouttage, et en limitant l'acidification et la déminéralisation du caillé. L'ajout du sel permet également la sélection de la flore de l'affinage (**Hadry et Scher, 1997**).

b. Affinage

A l'exception des fromages frais, tous les autres types de fromages subissent une maturation biologique plus ou moins prononcée (**Herbert, 1999**).

I.5. Fromage frais

I.5.1. Définition

Le fromage frais est une pâte très humide et peu minéralisée. C'est le produit d'une coagulation lente à dominance acide, obtenue grâce à l'action des bactéries lactiques combinées ou non à celle d'une faible quantité de présure (1-5 mL/100 L de lait) et un temps d'incubation lent (**Eck et Gillis, 2006**).

Les modalités de fabrication des fromages frais sont orientées pour obtenir une pâte de fromage fortement humide, acide et à faible cohésion (**Ramet, 2006**).

I.5.2. Composition du fromage frais et valeur énergétique

Le fromage est très riche en protéines, eau, peptides bioactifs, acides aminés, lipides, acides gras, vitamines et en minéraux (**Walther et al., 2008**).

Le **Tableau I** illustre la composition moyenne du fromage frais.

Tableau I : Composition moyenne du fromage frais (pour 100g) (Eck et Gillis, 2006).

Constituants	Fromage frais (Concentration)
Valeur énergétique (Kcal)	118
Eau (g)	80
Glucides (g)	4
Lipides (g)	7.5
Protéines (g)	8.5
Calcium (mg)	100
Sodium (mg)	40
Vitamines A (UI)	170

I.5.3. Matières premières

a. Lait

En fromagerie, différentes formes de lait peuvent être utilisées : le lait frais qui est utilisé comme tel ou après pasteurisation et les poudres de lait qui sont des produits résultant de l'élimination partielle de l'eau du lait ((Richard et Desmazeaud, 1997; Claude *et al.*, 2002).

b. Levains lactiques

Un levain est constitué d'une souche pure ou d'une association de souches sélectionnées, isolées de fabrication traditionnelles en utilisant du lait cru, ou de collection de laboratoires (Eck et Gillis, 2006).

c. Eau de reconstitution

L'eau est l'une des matières premières de tous les types de produits laitiers reconstitués et recombines. Elle doit être une eau potable de bonne qualité, dépourvue de microorganismes pathogènes et d'un niveau de dureté acceptable (Bylend, 1995).

I.5.4. Autres ingrédients

a. Présure

La présure est la seule enzyme utilisée en fromagerie industrielle. C'est une endopeptidase qui entraîne la coagulation du lait par hydrolyse de la caséine kappa, ce qui déstabilise les micelles et conduit à la formation du gel. La principale protéase est la chymosine (85% de l'activité coagulante) complétée par la pepsine (Eck et Gillis, 2006).

b. Chlorure de calcium (CaCl₂)

L'addition de chlorure de calcium à raison de 0,2 g/L a pour but de favoriser l'équilibre salin et d'améliorer la coagulation (**Mahaut et al., 2000**).

I.6. Enrichissement

L'enrichissement est défini comme l'addition à un aliment d'un ou plusieurs nutriments essentiels, normalement ou non contenus dans l'aliment, avec pour objectif de prévenir ou de corriger une carence en un ou plusieurs nutriments, (**FAO/WHO, 1994**). Les stratégies d'enrichissement utilisent des aliments vecteurs facilement accessibles et largement consommés (**Berger, 2004**).

Le choix de chaque micronutriment à ajouter dépend de sa biodisponibilité dans l'aliment et de sa stabilité au cours du procédé de préparation, et au cours du stockage (**Stekel et al., 1985**).

Le diagramme général de la technologie de fabrication des fromages frais est présenté dans **l'annexe 04**.

Chapitre II : Généralités sur les plantes utilisées

II.1.Epinards

II.1.1.Description et taxonomie

Selon **Munro et Small (1998)** et **Agraphid et al. (1999)**, l'épinard est une plante herbacée annuelle, cultivée dans toutes les régions tempérées du monde. Il est caractérisé par ses longues feuilles vertes, frisées ou plates selon les variétés (**Lacoste, 2014**) (figure 0



Figure 1 : Photographie de l'épinard (**anonyme 1**)

La taxonomie de l'épinard est présentée dans le tableau II.

Tableau II: Taxonomie de l'épinard (**anonyme**)

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophyta (Angiospermae)
Classe	Dicotyledones
Ordre	Centrospermae
Famille	Chenopodiaceae
Genre	<i>Spinacia</i>
Espèce	<i>Spinacia oleracea</i>

II.1.2.Origine et répartition géographique

Selon **Munro et Small (1998)**, l'épinard est probablement d'origine du nord de l'Iran, de l'Afghanistan et du Turkménistan où des espèces sauvages apparentées telles que *Spinacia tetrandra* et *Spinacia turkestanica* ont été trouvées. Il semble que l'épinard n'était pas connu des Grecs et des Romains de l'antiquité. L'épinard continuera d'être un légume-feuille très important, nutritif et à rendement élevé dans les climats tempérés d'Europe,

d'Amérique du nord et d'Asie orientale. En Afrique tropicale, sa culture restera cantonnée dans les hautes terres (Boullard, 2001).

II.1.3. Composition et valeur nutritionnelle

La composition de l'épinard et sa valeur nutritionnelle sont exprimées dans le **Tableau III**

Tableau III : Composition et valeur nutritionnelle de l'épinard selon **CIQUAL** ;(2017)

Constituant	Teneur moyenne
Energie (kJ/100g)	120
Energie (kcal/100g)	28,7
Protéines brutes (g/100g)	2,62
Glucides (g/100g)	2,25
Lipides (g/100g)	0,5
Sucres (g/100g)	0,32
AG saturés (g/100g)	0,064
Sel chlorure de sodium (g/100g)	0,16

II.1.4. Bienfaits des épinards

Les épinards sont prisés pour leurs apports en fer, important pour les personnes anémiques et fatiguées. La consommation d'épinards aurait également une action bénéfique sur la santé oculaire. Elle réduirait le risque de dégénérescence maculaire, mais aussi de rétinite ou de cataracte et améliorerait la vision nocturne grâce aux caroténoïdes contenus dans la plante. L'épinard est aussi un "allié jeunesse" car il contient divers antioxydants, dont la zéaxanthine, l'acide férulique et la lutéine. Ces antioxydants ont aussi un effet protecteur contre les maladies cardiovasculaires et contre certains cancers notamment ceux du sein, de l'œsophage et du poumon. Enfin, la consommation d'épinards permet de réguler le transit intestinal grâce aux fibres qu'ils contiennent (**Anonyme 02**).

II.2. Tomate

II.2.1. Description et taxonomie

La tomate est une plante herbacée de la famille des solanacées, cultivée pour son fruit. Le terme désigne à la fois la plante et le fruit charnu qui, bien qu'il soit biologiquement un fruit, est considéré comme un des légumes les plus importants dans l'alimentation humaine (Ranc, 2010) (figure 2).



Figure 2 : Photographie de la tomate (Polése, 2011)

La taxonomie de la tomate est présentée dans le **tableau IV**.

Tableau II : Taxonomie de la tomate (Toussaint et al., 2010).

Règne	Plantae
Sous règne	Trachenobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae
Ordre	Soloniales
Famille	Solanaceae
Genre	<i>Solanum</i>
Espèce	<i>Lycopersicon esculentum</i>

II.2.2. Composition et valeur nutritionnelle de la tomate

Les données du Tableau VI concerne la composition et la valeur nutritionnelle de la tomate.

Tableau V : Composition et valeur nutritionnelle de la tomate selon **CIQUAL** ;(2017).

Constituant	Teneur moyenne
Energie (kJ/100g)	77,2
Energie (kcal/100g)	18,4
Protéines brutes, (g/100g)	0,86
Glucides (g/100g)	2,26
Lipides (g/100g)	0,26
Sucres (g/100g)	2,25
AG saturés (g/100g)	0,056
Sel chlorure de sodium (g/100g)	0,0081

II.3. Ail

II.3.1. Description et taxonomie

L'ail (*Allium sativum*) fait partie de la famille des liliacées et appartient au genre *Allium* comme l'oignon, le poireau, la ciboulette et l'échalote. L'ail cultivé est une plante vivace monocotylédone et diploïde ($2n = 2X = 16$) (**Figliuolo et al., 2001**). Très répandue, la racine bulbeuse de ce dernier est comestible. Etroitement apparenté à l'oignon et au poireau, l'ail a une odeur et un goût forts, il est souvent employé comme condiment en cuisine dans de nombreuses recettes. Une tête d'ail se compose de plusieurs caïeux ou gousses d'ail (**Koch et al., 1996**).



Figure 3 : Photographie de l'ail (**Cerqueira et al., 2015**)

La taxonomie de l'ail est présentée dans le **Tableau VI**

Tableau III : Taxonomie de l'ail selon **CRONQIST, (1981)**.

Règne	Plantae
Sous règne	Trachenobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous classe	Liliidea
Ordre	Liliales
Famille	Liliaceae
Genre	<i>Allium</i>
Espèce	<i>Allium sativum</i>

II.3.2. Composition et valeur nutritionnelle

La composition et valeur nutritionnelle de l'ail sont éxosées dans le **Tableau VII**

Tableau III : Composition et valeur nutritionnelle de l'ail selon **CIQUAL ; (2017)**.

Constituant	Teneur moyenne
Protéines brutes (g/100g)	5,81
Glucides (g/100g)	21,2
Lipides (g/100g)	0,34
Sucres (g/100g)	1,43
AG saturés (g/100g)	0,075
Sel chlorure de sodium (g/100g)	0,098

II.4.Piment

II.4.1. Description et taxonomie

Le piment (*Capsicum annum* L.) est une plante dicotylédone qui appartient à la famille des solanacées. Le piment est une gousse plus au moins charnue qui contient de nombreuses graines dans sa cavité intérieure. Ils poussent sur des plants qui peuvent atteindre environ 1.5 mètres de hauteur. Il existe près de 10 espèces de piments qui se présentent sous des formes, tailles, couleurs et saveurs différentes (**Bernier et al., 2004**) (figure 4).



Figure 04 : Photographie du piment (Roy, 2011).

La taxonomie du piment est présentée dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Taxonomie du piment CRONQIST, (1981).

Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Solanales
Famille	Solanacées
Genre	<i>Capiscum</i>
Espèce	<i>Capiscum anum L</i>

II.4.2. Composition et valeur nutritionnelle

La composition et valeur nutritionnelle du piment sont exprimées dans le **Tableau IX**.

Tableau IX : Composition et valeur nutritionnelle du piment (CIQUAL; 2017).

Constituant	Teneur moyenne
Energie (kJ/100g)	1560
Energie (kcal/100g)	376
Protéines brutes (g/100g)	12
Glucides (g/100g)	29,4
Lipides (g/100g)	17,3
Sucres (g/100g)	10,3
AG saturés (g/100g)	3,26
Sel chlorure de sodium (g/100g)	0,075

Partie pratique

Matériel et méthodes

III. Matériel et méthodes

- **Objectif du travail**

Le but de ce travail réside dans l'enrichissement d'un fromage frais par un mélange de quatre plantes, puis l'étude des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques, phyto-chimiques et sensorielles de ce fromage. A part les analyses sensorielles et phyto-chimiques, le reste du travail a été effectué au niveau de la laiterie SOUMMAM (annexe 01).

III.1. Description de la matrice végétale

Les plantes utilisées sont des épinards frais aux petites feuilles de couleur verte, des tomates rondes bien rouge mais pas trop juteuses, du piment de Cayennes et de l'ail.

III.2. Récolte des échantillons

Les plantes utilisées ont été achetées au marché provenant de la ferme du vendeur de la région d'Akbou, pendant les mois de Mai et Avril.

Les plantes utilisées sont exposées dans la figure 05



Figure 05 : Photographie des plantes utilisées.

III.3. Préparation et séchage de la matrice végétale

Le séchage est l'une des méthodes les plus anciennes de conservation des aliments. Il consiste en sujets d'évaporation de l'eau et de composés volatils, réduisant la croissance des micro-organismes et des réactions chimiques non désirées telles que le brunissement enzymatique et cela afin de prolonger la durée de vie du produit. Il aide à obtenir un produit sec et homogène (Verdier et al., 2016).

III.3.1.Séchage de la matrice végétale

Après avoir trié et lavé les feuilles d'épinards et l'ail, nous avons déposé les feuilles d'épinard essuyées et l'émincé d'ail sur du papier aluminium en évitant de les chevaucher. Ils ont été séchés au four à une basse température jusqu'à ce qu'ils deviennent secs.

Les tomates et les piments ont été récoltés murs d'une couleur uniformes. Après les avoir lavés et essuyés, ils ont été coupées et leurs graines ont été enlevés puis ont été placés sur une plaque de four. Ensuite ils ont été laissées sécher au soleil pendant 4 jours tout en les retournant chaque 12 heures pour que l'intérieur soit face au soleil.

III.3.2.Broyage et tamisage de la matrice végétale

Après séchage, les plantes ont été broyées séparément à l'aide d'un mortier-pilon. Les poudres sont ensuite tamisées afin qu'elles soient uniformes.

III.3.3.Cuisson

Avant la cuisson, une pesée a été effectuée afin de déterminer la quantité de poudre exacte à utiliser. Après avoir mélangé les 4 poudres de plantes dans une casserole bien propre, de l'eau et du sel ont été ajoutés, puis le mélange a été porté à ébullition. Ensuite, ce dernier est laissé au repos après avoir additionné l'amidon. Puis une deuxième filtration est effectuée à l'aide d'un chinois. La préparation obtenue est par la suite conditionnée dans un flacon en verre stérile.

Les étapes de fabrication du mélange sont résumées dans la figure 06.

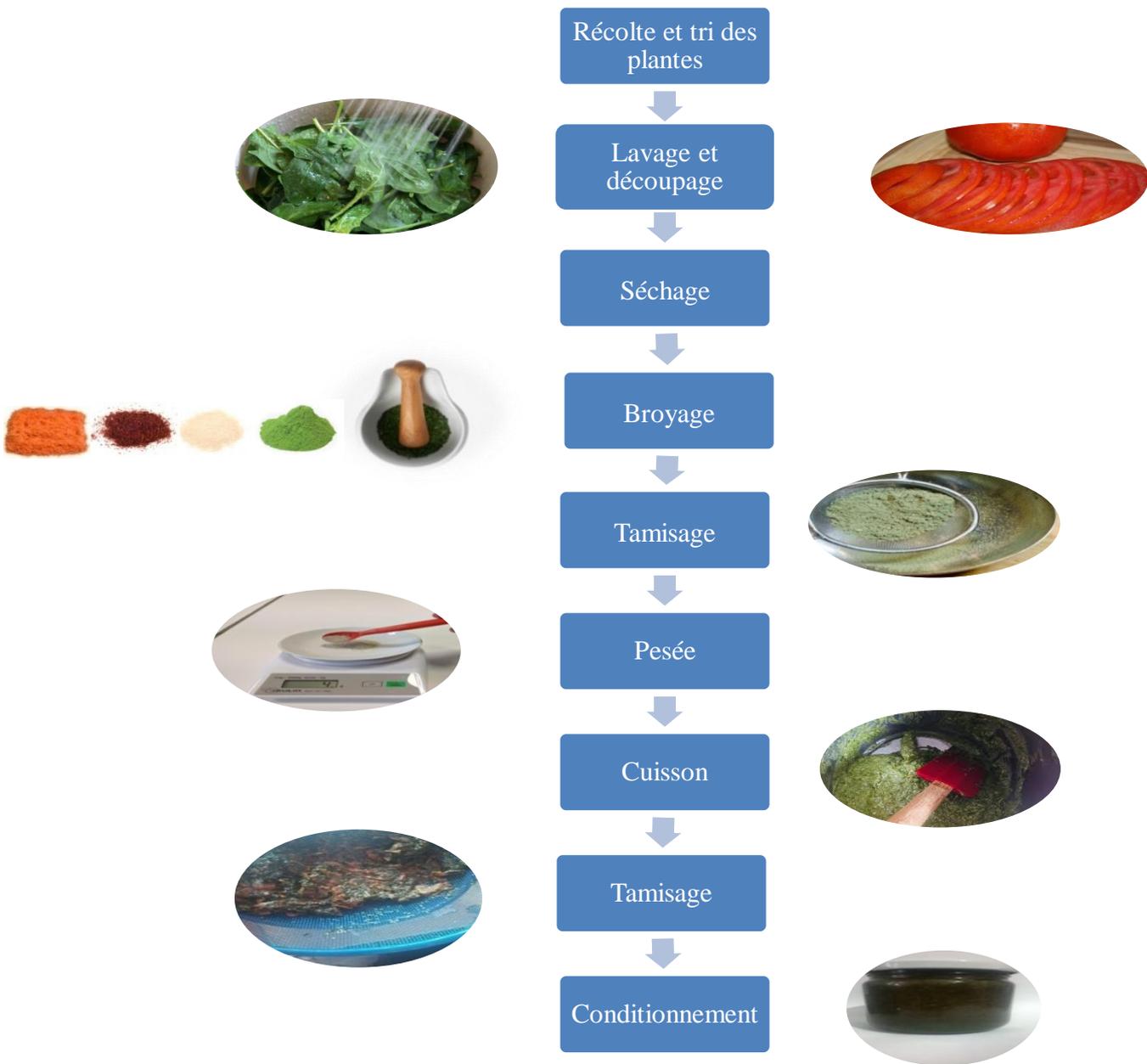


Figure 06 : Diagramme de fabrication de la préparation alimentaire.

III.4.Fabrication du fromage

III.4.1.Fabrication du fromage frais SOUMMAM

La fabrication du fromage frais SOUMMAM suit trois étapes essentielles :

- La préparation du caillé maigre ;
- La préparation de la crème fraîche ;
- La préparation du produit fini.

Afin de préparer la pâte fromagère une reconstitution suivie d'une hydratation de la matière première (poudre de lait 0% et eau) et un refroidissement sont effectués. Un traitement thermique est ensuite réalisé, secondé par unensemencement des ferments lactiques, un empesurage et une addition de chlorure de calcium au lait. Après 12-14 heures de maturation, c'est une thermisation à 60-62°C pdt 4 min qui est exécutée et qui est accompagnée d'un égouttage. Pour qu'enfin le caillé soit refroidi à 12°C, et stocké dans des tanks de stockage.

Après la réception du lait, un écrémage est effectué mécaniquement à l'aide d'une centrifugeuse, suivi d'une élimination des substances volatiles, ainsi que, d'un double traitement thermique. La crème est ensuite stockée à 7°C.

Le mélange se fait par injection de la crème fraîche dans le caillé maigre (figure 07).

Une quantité précise de crème fraîche est ajoutée juste avant le conditionnement du fromage frais qui se fait semi automatiquement. Après le dosage des pots, ces derniers sont fermés aseptiquement. Une mise en caisse est effectuée puis le produit est transféré dans des caisses vers la chambre froide où ils seront stockés à 4°C.

➤ Tout au long de la chaîne de production, des prélèvements sont effectués dans le but de réaliser les différentes analyses physico-chimiques et microbiologiques. Ces prélèvements concernent, les matières premières, les produits semi fini et enfin le produit fini.

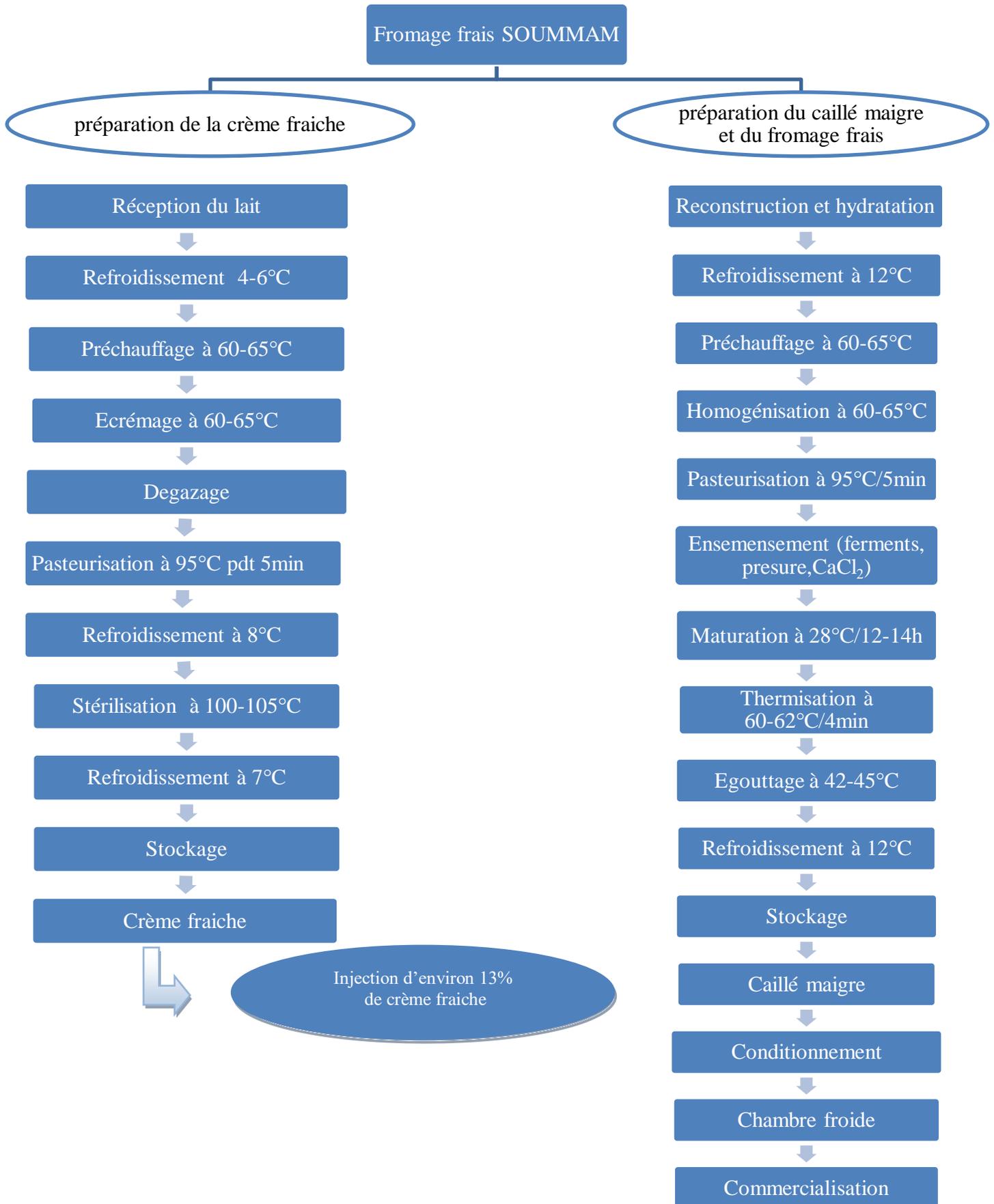


Figure 07: Diagramme de fabrication du fromage frais SOUMMAM.

III.4.2. Préparation du fromage enrichi

Afin de déterminer la quantité de la préparation alimentaire à ajouter au fromage, nous avons effectué des essais avec des quantités différentes: 7%, 10 %, 12%, 15%, 20%. Avec l'aide d'un panel de dégustation expert au niveau de l'entreprise SOUMMAM, nous avons opté pour celle à 15% (figure 08).

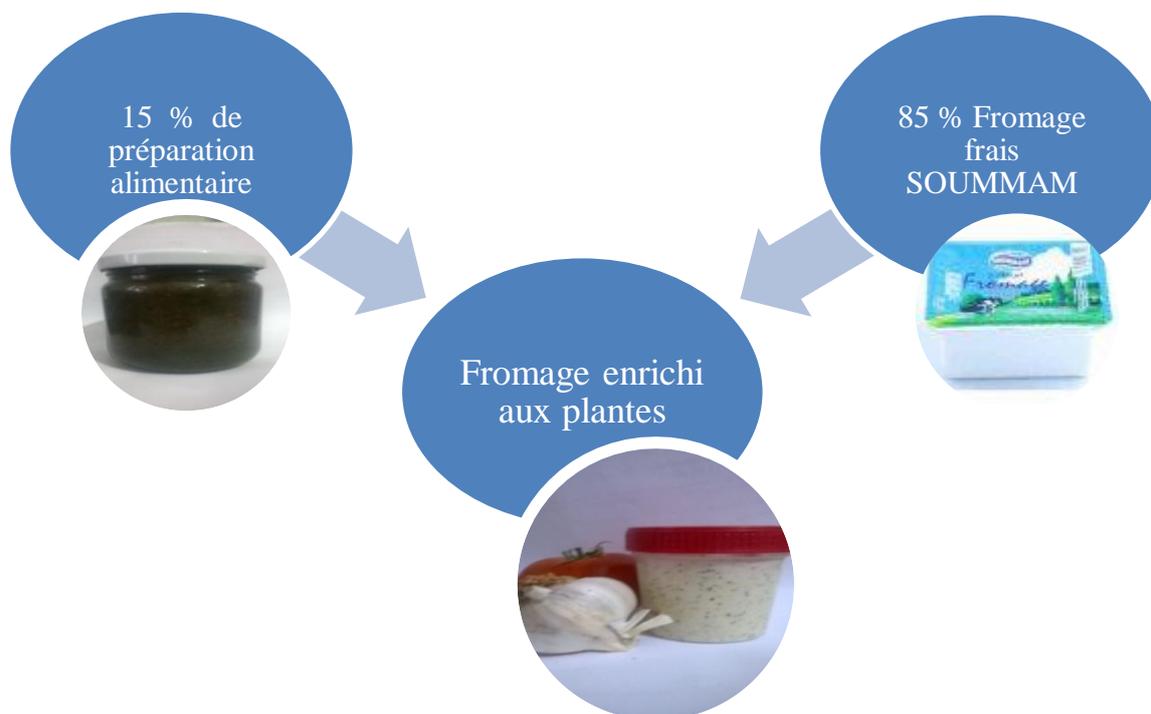


Figure 08 : Diagramme de fabrication d'un fromage enrichi.

III.5. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques sur les produits finis se font après une journée de fabrication (j+1) pour autoriser la sortie du produit dans le cadre de sécurité alimentaire et pour assurer la qualité commerciale du produit.

Le Tableau X présente les différentes analyses physico-chimiques faites à différents stades de l'élaboration du produit fini.

Tableau X : Différentes analyses physico-chimiques effectuées.

Échantillon	Prép	Lait	PDL	Cr fr	S	TMPF	S.	S.	Fr	Fr
Paramètres	Alim	cru			pasto		therm	Réf	frais	enrichi
pH/Acidité	X									
EST		X		X						
MG		X	X	X					X	X
MP		X		X						
T. d'ébullition		X								
T.antibiotique		X								
T.d'humidité			X							
T.fermentation			X							
Densité		X								
Teneur en cendres	X								X	X

EST : Extrait sec ;**MG** : Matière grasse ;**MP** :Matière protéique ;**PDL** : Poudre de lait ;**Prép. Alim** :Préparation Alimentaire ;**S.Réf** : Sortie Refroidisseur ;**S.Pasto** :Sortie pasteurisateur ;**Cr fr** : Crème fraiche**S.therm** : Sortie thermiseur ;**TMPF** : Tanck de maturation de la pâte fraiche ;**Fr frais** :fromage frais ;**Fr enrichi** :fromage enrichi.

III.5.1. Détermination du pH

Le pH dépend de la concentration d'un milieu en protons ; il est le logarithme de la concentration molaire de l'ion hydronium (H_3O^+) (**Jaques, 1998**). La mesure du pH d'un aliment nous renseigne sur sa fraîcheur (**Carol et Vignola, 2002**).

Après avoir étalonné le pH mètre à l'aide de deux solutions tampons (pH=7/pH=4), la sonde du pH mètre est directement introduite dans les échantillons, la valeur du pH sera directement affiché sur l'écran de l'appareil (**AFNOR, 1980**).

III.5.2. Mesure de l'acidité titrable

L'acidité titrable est exprimée par la titration avec une solution d'hydroxyde de sodium (1/9 N) en présence de la phénolphtaléine comme indicateur coloré (**Shori et Baba, 2013**). Après avoir introduit 10 mL du produit dans un bêcher de 100 mL à l'aide d'une seringue, 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine ont été ajoutées. Titrer avec NaOH (1/9 N) jusqu'au virage à la couleur rose pâle facilement perceptible pendant 10 s et lire la chute de la burette.

➤ Pour les produits colorés, la procédure est comme suite :

Titrer la soude NaOH (1/9 N) jusqu'au pH de 8.30

Les résultats sont exprimés en degré Dornic (°D) appliquant la formule suivante :

$$L'acidité = V. 10 (D^{\circ})$$

V : Volume en mL de la chute de la burette

10 : Est une constante

Remarque : 1 degré Dornic= 0.1 g d'acide lactique.

III.5.3. Mesure de l'extrait sec total

La matière sèche est la masse restante après dessiccation complète (AFNOR, 1999).

A l'aide d'une seringue, 4 g du produit ont été déposés sur la coupelle en aluminium mise sur le dessiccateur, puis l'échantillon est étalé à l'aide d'une spatule, puis la dessiccation est activée. Le résultat est exprimé en pourcentage. Chaque produit à sa propre durée de dessiccation.

III.5.4. Détermination de la teneur en matière grasse

La détermination de la teneur en matière grasse consiste tout d'abord à digérer les protéines par l'acide sulfurique, suivie de la séparation de la matière grasse du produit contenu dans un butyromètre par centrifugation. La séparation est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso-amylque (AFNOR, 1999).

Un volume d'acide sulfurique 1.52 g/L (5 mL) et 3g de fromage sont introduits dans un butyromètre. Agiter énergiquement pour dissoudre complètement la caséine avec un mouvement horizontal. Ajouter 1 mL d'alcool iso-amylque et compléter jusqu'à l'échelle de lecture avec l'acide sulfurique à 1.522 g/L. Homogénéiser avec des mouvements de va et viens et placer le butyromètre dans un bain marie entre 65 à 70°C jusqu'à la dissolution du produit et l'apparition de la matière grasse, ensuite centrifuger à 1200 T/min pendant 10 min, puis faire une lecture rapide. Le taux de matières grasses est lu directement sur le butyromètre, chaque graduation correspond à 0.1 % de matière grasse.

III.5.5. Test de stabilité à l'ébullition

Un lait qui n'est pas frais présente une structure de caséines particulièrement instables. Dès lors, un simple traitement thermique suffit à les précipiter. De ce fait tout lait destiné à la consommation doit être stable à l'ébullition (**JORA N°35,1998**).

Un tube contenant un volume de 10 mL de lait est porté au bain marie à 100°C pendant 40 min (**Guiraud, 1998**).

III.5.6. Test d'antibiotique

Deux tests reconnus sont utilisés afin de détecter les substances inhibitrices présentes dans le lait :

- Le test rapide Beta Star : sensible aux beta lactames et durant quelques minutes ;
- Le test Delvo-Test sensible à un large spectre de substances inhibitrices et durant 3H.

a. Test béta star

Le test béta star est une méthode de type « Receptor assay » qui permet la détection rapide, dans le lait, des résidus de béta-lactamines et tétracycline (**AFNOR, 2005**).

Le test est basé sur l'emploi d'un réactif spécifique lié à des particules d'or. Au cours de la première étape d'incubation, les antibiotiques beta-lactames et tétracyclines, s'ils sont présents dans l'échantillon de lait, se lient au récepteur. Pendant la deuxième incubation, le lait migre sur un support immuno-chromatographique qui présente trois bandes de capture :

- ✓ Une bande retient les récepteurs qui n'ont pas lié d'antibiotiques beta lactames ;
- ✓ Une bande retient les récepteurs qui n'ont pas lié d'antibiotique tétracycline ;
- ✓ Une bande sert de référence.

Faire chauffer l'incubateur et attendre sa stabilisation. Puis, retirer les réactifs (flacons et boîte de tigettes) et Prélever 0.2 mL de lait et le déposer dans le flacon. Ensuite, Agiter doucement en renversant le flacon afin de dissoudre tout le lyophilisat. Mettre le flacon dans l'incubateur à 47°C pendant 2 minutes. Après incubation prendre la tigette et la déposer dans le flacon et veiller à ce que les flèches de la tigette soient orientées vers le bas. Poursuivre l'incubation à 47°C pendant 3 min. Retirer la tigette du flacon et lire les résultats.

b. Delvo test

L'analyse est basée sur la diffusion d'un échantillon de lait dans un milieu Agar ensemencé avec une souche bactérienne (*Bacillus stearothermophilus*). Après incubation pendant une durée de trois heures, s'il y a absence de substances inhibitrices dans

l'échantillon, la souche bactérienne se développe, acidifie le milieu et provoque un virage du pourpre au jaune de l'indicateur du pH (Pourpre de Bromocresol) présent dans le milieu. En présence de substances inhibitrices, l'acidification est freinée et la coloration ne varie pas ou peu.

A l'aide d'une micro pipette, 100 uL de lait ont été prélevées et déposées dans un tube contenant une gélose nutritive, indicateur de pH etensemencé avec des spores de la souche bactérienne *Bacillus stearothermophilus*. Incuber pendant 3 heures à une température de 64°C. Après incubation, interpréter immédiatement (5 minutes maximum) la coloration.

III.5.7. Test d'humidité

Ce paramètre correspond à la teneur en eau de la poudre de lait. Elle se mesure par l'évaporation de cette eau dans un dessiccateur.

Peser la coupelle dans l'appareil et tarer, ensuite peser 4 g de poudre de lait et bien les répartir sur la coupelle, puis remettre le couvercle de l'appareil, et faire la lecture lorsque la perte du poids reste constante (**Luquet, 1985**).

Les résultats sont exprimés comme suit :

$$H\%=(100-EST)$$

III.5.8. Test de fermentation

Cette méthode est utilisée pour la mise en évidence de la présence d'inhibiteurs de l'activité de ferments lactiques (les antibiotiques,...) dans un lait sec.

Ce test est basé sur la fermentation d'un lait reconstitué après ensemencement avec un lait fermenté.

Après avoir pesé 12.5g de poudre de lait, on ajuste avec l'eau de process à 100 mL et on homogénéise bien la solution obtenue afin d'avoir une dissolution complète de la poudre de lait. Mettre le lait reconstitué dans un bain marie à 95°C pendant 10 minutes pour effectuer une pasteurisation. Laisser le lait refroidir et ensemencer avec environ 8 à 10 mL d'un yaourt étuvé préalablement homogénéisé puis incuber à l'étuve à 43°C pendant 4h à 5h.

III.5.9. Teneur en cendres

La détermination du taux de cendres dans un échantillon donné consiste à le faire calciner dans un four à moufle à 900°C jusqu'à l'obtention d'une cendre blanche à grise (**NF V05-113,1972**).

Des creusets contenant 1 g de fromage sont placées dans un four réglé à 900 °C pendant 1h30 min jusqu'à l'obtention d'une cendre de couleur grise, claire ou blanchâtre (NF V05-113,1972).

La teneur en cendre est déterminée selon cette formule :

Sachant que :

Cd% : Teneur en cendre.

$$Cd\% = \frac{(M1 - M2)}{p} \times 100$$

M₁ : Masse du creuset +cendre en (g)

M₂ : Masse du creuset vide (g)

P : Masse de la prise d'essai (g)

IV.10. Mesure de la densité, du taux de matière grasse et de la matière protéique

La détermination des taux de MG, MP et la densité est faite directement avec un appareil appelé Milkoscan (FT120), qui est un spectrophotomètre à FTIR (Fourier Transform infrared spectroscopy) automatique, et qui permet de contrôler et de standardiser les produits laitiers liquides tout en effectuant un dépistage des adultérants. Il sert aussi à mesurer les paramètres physico-chimiques des produits liquides, assure une séparation optimale, la détection des anomalies et des résultats rapides.

Le contrôleur doit placer l'échantillon au-dessous, sélectionner l'étalonnage a utilisé et lancer l'analyse.

III.6. Analyses microbiologiques

L'analyse microbiologique est indispensable pour s'assurer que le produit présente une bonne qualité et une bonne conservation et garantir la qualité hygiénique, ainsi la sécurité des consommateurs en permettant la détection des microorganismes et des toxines microbiennes (Guiraud, 2003).

Le Tableau XI montre les différentes analyses microbiologiques effectuées sur le produit semi fini, le fromage frais, la préparation alimentaire et le fromage enrichi.

Tableau XI : Différentes analyses microbiologiques effectuées.

Échantillon	Prép	Produit semi fini	Fromage frais	Fromage enrichi
Germes recherchés	Alim			
Les coliformes totaux	X	X	X	X
Les coliformes fécaux	X	X	X	X
FTAM	X			X
Levures et moisissures	X	X	X	X
Les clostridium sulfite réducteurs	X			X
Les entérobactéries	X			X

FTAM : Flore totale aérobie mésophile ; **Prép. Alim** : Préparation Alimentaire

Les conditions dans lesquelles ont été effectuées les analyses microbiologiques sont représentées dans le Tableau VIX

Tableau XII : Conditions de l'analyse microbiologique.

Germes recherchés	Milieu utilisé	T° d'incubation (°C)	Durée d'incubation
Coliforme totaux	VRBL	30	24h
Coliforme fécaux	VRBL	44	24h
FTAM	PCA	37	24h
Clostridium sulfite réducteurs	VF	37	48h
Levures et moisissures	YGC	37	5 jours
Entérobactéries	VRBG	37	48h

VF : Viande et foie. **VRBG** : Gélose glucosé billiée au cristal violet et au rouge neutre. **VRBL** : Gélose lactosé billiée au cristal violet et au rouge neutre. **YGC** : Yeast Gelose Agar ; **PCA** : Plate Count Agar ; **FTAM** : Flore totale aérobie mésophile .

III.7. Analyses phytochimiques

III.7.1. Extraction

Afin de déterminer la teneur en composés phénoliques et flavonoïdes de la préparation alimentaire et du fromage enrichi, deux extractions différentes ont été réalisées.

Pour la préparation alimentaire, la méthode consiste à faire macérer 5g de poudre des 4 plantes utilisées (épinard, tomate, ail, piment) dans 100 mL d'eau distillée, maintenus sous

agitation magnétique pendant 24 heures à température ambiante et à l'abri de la lumière afin d'éviter les phénomènes d'oxydation. L'agitation des particules dans le solvant permet de les maintenir en suspension et d'assurer l'homogénéité de la solution. Après 24 heures de macération, le mélange est filtré à l'aide d'un papier filtre (Soares et al., 2009). Le filtrat est ensuite conservé dans un flacon en verre à 4°C pendant 24 heures.

Pour le fromage enrichi en plantes, la méthode d'extraction utilisée consiste tout d'abord à faire dissoudre 10 g de fromage dans 10 mL d'eau distillée. Le pH de cette solution est ensuite ajusté à 4.0 avec une solution d'HCl (1N). Ce mélange est incubé à 45°C pendant 10 minutes, suivi d'une centrifugation (10000 tr, 20 minutes, 4°C). Le surnageant est récupéré et son pH est ajusté à 7 avec une solution de NaOH (1N), puis centrifugé (10000 tr, 20 minutes, 4°C) (Zainoldin et al., 2009). Le nouveau surnageant est récupéré et conservé à 4°C pendant 24H pour d'éventuelles analyses.

III.7.2. Dosage des composés phénoliques totaux

Le dosage des polyphénols totaux est basé sur la réduction du mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) du réactif de Folin-Ciocalteu, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La présence de carbonate de sodium rend le milieu légèrement alcalin. L'intensité de la coloration bleue est proportionnelle aux taux de composés phénoliques (Bucic-Kojic et al., 2007; Ribéreau-Gayon, 1968).

La teneur en composés phénoliques totaux a été déterminée selon la méthode décrite par Singleton et Rossi (1965). Ainsi, 0,1 mL de l'extrait a été mélangé avec 0,5 mL de réactif de Folin-Ciocalteu. Agiter et laisser 3 min, puis ajouter 1,5 mL de carbonate de Sodium. Ajuster le mélange jusqu'à 10 mL avec l'eau distillée. Enfin, incuber à l'obscurité pendant 2 heures à température ambiante. Les absorbances des échantillons sont lues à 740 nm et les résultats sont exprimés en milligrammes équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

III.7.3. Dosage des flavonoïdes

Le contenu des flavonoïdes dans les extraits est déterminé par spectrophotométrie, en utilisant une méthode basée sur la formation d'un complexe d'aluminium-flavonoïde, ayant l'absorptivité maximale à 430 nm (Djeridane et al., 2006).

La coloration jaunâtre donnée dans cette méthode est due à la formation d'un complexe entre le chlorure d'aluminium et les groupements hydroxyles présents sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes (**Lagnika, 2005**).

La teneur en flavonoïdes a été déterminée par la méthode de trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) de **Lamaison et Carnet(1990)** qui est décrite comme suite : 1 mL de chlorure d'aluminium (2%) ont été ajouté à 1 mL de chaque échantillon. Le mélange a été incubé à l'obscurité .Après 15 min d'incubation, la lecture des absorbances a été faite à 430nm.

VII. Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle est la science développée pour émettre la mesure des propriétés sensorielles des aliments. Cette mesure est réalisée par un panel de sujets experts sensoriels, préalablement sélectionnés et entraînés, qui vont évaluer les produits de façon objective et répétable (**Bauer et al., 2010**).

Des séances de dégustation sont organisées entre le 29 Avril et le 5 Mai 2019. L'évaluation sensorielle du fromage enrichi a été réalisée par 130 sujets :

- Un jury expert composé de 10 personnes afin de réaliser l'analyse sensorielle au niveau du laboratoire d'analyses sensorielles de l'université de Béjaia ;
- Pour réaliser l'analyse hédonique, 120 consommateurs naïfs ont participé à la dégustation :
 - ✓ 60 sujets au sein de l'Université de Béjaia, 60 sujets au niveau d'un CEM à Akbou.

Deux échantillons de fromage codés (fromage enrichi et fromage blanc) ont été attribués aux sujets qui, ayant été munis de deux questionnaires (annexes 02 et 03) devaient témoigner sur les différentes caractéristiques organoleptiques discernées (couleur, odeur, goût, arômes et texture). Les dégustateurs ont été sollicités à se prononcer sur leur préférence et attribuer une note en ayant recours à une échelle de préférence de 1 à 9.

Résultats et discussion

IV. Résultats et discussion

IV.1. Analyses physico-chimiques

IV.1.1. Poudre de lait

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur la poudre de lait écrémé utilisée sont illustrés dans le Tableau XIII.

Tableau XIII: Résultats des analyses physico-chimique de la poudre de lait écrémé.

Paramètre	Résultat	Norme interne
pH	6,56	6,6 à 6,8
Acidité Dornic	15°D	12 à 19 °D
Taux d'humidité	3,76 %	<5%
Test de fermentation	Positive	Positive
MG	Traces	0-1%

D° : Degré Dornic ;MG : Matière grasse.

Le tableau XIII montre que le taux d'humidité de la poudre analysée est de 3,76%, ce qui est conforme à la norme interne de l'entreprise.

Selon la **FAO (2010)**, la poudre de lait écrémé ne doit pas contenir moins de 95% des solides du lait et son taux d'humidité ne doit pas dépasser 5%.

Les résultats du tableau XIII montrent également que la valeur du pH de la poudre de lait analysée est comprise entre 6,6-6,8. La mesure du pH permet la détection de tous les ions H⁺ contenus dans un lait. Lorsque le pH est inférieur aux valeurs normales, nous pouvons dire que le lait est conservé longtemps et qu'il est acidifié à cause d'un développement microbien (**Branger et al., 2009**).

La teneur en matière grasse dans la poudre de lait utilisée est sous forme de traces, ce qui est conforme à la norme en vigueur (0-1). Selon la **FAO(2010)**, la poudre de lait écrémé ne doit pas contenir plus de 1.5% de matière grasse.

Le résultat positif obtenu pour le test de fermentation indique une absence des inhibiteurs de l'activité des ferments lactiques.

La teneur en acide lactique trouvée dans la poudre de lait utilisée est de 15°D, qui est incluse dans l'intervalle fixé par la norme (12-19°D). L'acidité du lait est un bon indice

pour évaluer sa qualité microbiologique et le respect de la chaîne de froid (**Lamontagne et al., 2002**).

IV.1.2. Lait cru

Le Tableau XIV représente les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur le lait cru.

Tableau XIV : Résultats des analyses physico-chimiques du lait cru.

Paramètre	Échantillon	Norme du JORA
Température (°C)	5	< 6
pH(20°C)	6,71	6,6 – 6,8
Acidité (°D)	16,6	Max : 18
EST (%)	12,2	12 – 13
MG(%)	3,52	Min 3,3
MP	3,15	3-3,5
Densité	1,029	1,028-1,032
Test d'ébullition	ST	ST
Test d'antibiotique	Abs	Abs

Abs : Absence; **D°** : Degré Dornic ; **EST**:Extrait sec total ;**JORA**: Journal Officiel de la République Algérienne; **MG** : Matière grasse; **MP** : Matière Protéique ; **ST** : Stable.

Le Tableau XIV montre que les résultats obtenus pour le lait cru utilisé sont conformes aux normes du **JORA (1998)**, et ça pour tous les paramètres analysés (pH, acidité, EST, MP, MG, densité, test d'ébullition et test d'antibiotique).

Un pH acide est un révélateur d'un non-respect de la chaîne de froid à la ferme ou bien pendant le transport vers l'unité, c'est pour cela que le pH est considéré comme le premier paramètre vérifié par l'unité. L'acidité est le deuxième paramètre à contrôler car elle nous renseigne sur la fraîcheur du lait cru. Ces deux paramètres (acidité et pH) sont contrôlés à chaque réception du lait cru.

IV.1.3. Caillé maigre

Le caillé maigre est la partie solide obtenue par coagulation du lait, soit par la présure ou acide.

Les analyses physico-chimiques réalisées pour le caillé maigre ont été faites à plusieurs points de prélèvements: la préparation, la maturation et la séparation. L'objectif des différents prélèvements effectués étant de faire un contrôle de qualité tout au long du processus afin de vérifier sa conformité vis-à-vis des normes et d'apporter des actions correctives.

Les résultats des analyses physico-chimiques du caillé maigre sont cités dans le Tableau XV.

Tableau XV : Résultats des analyses physico-chimiques du caillé maigre.

Points de prélèvement	Paramètre		
	pH	Acidité (°D)	EST (%)
Préparation	6,5	16	10,19
Maturation	4,53	88	15,46
Séparation	4,5	90	15,76

D° : Degré Dornic ; EST: Extrait sec total.

Le Tableau XV montre que les résultats obtenus pour les différents paramètres physico-chimiques analysés sont conformes aux normes recommandées par l'unité.

Après séparation, le caillé maigre présente un EST de 15,76%. Cela pourrait être expliqué par la séparation du lactosérum par centrifugation.

Ces résultats montrent également une augmentation de l'acidité et une diminution du pH après séparation. Ce phénomène est dû à l'activité acidifiante des bactéries lactiques grâce à la beta-galactosidase qui hydrolyse le lactose du lait en acide lactique (Lamontagne, 2002).

IV.1.4. Crème fraîche

L'ajout de la crème fraîche au caillé maigre joue un rôle standardisant et texturant.

Dans le but de connaître la teneur en matière grasse de la crème fraîche et son taux d'injection dans le produit fini, une série d'analyse a été effectuée et dont les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau XVI.

Tableau XVI : Résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur la crème fraîche.

Paramètre	Échantillon	Norme interne
pH	6,6	6,6-6,8
Acidité (D°)	12	13-15
EST (%)	42,95	/
MG (%)	37,50	/
MP	2,05	/

D° : Degré Dornic ; **EST**: Extrait sec total ; **MG** : Matière grasse ; **MP** : Matière protéique.

Le pH de la crème fraîche utilisée est compris entre 6,6 et 6,8. Si la valeur du pH était inférieure aux normes de l'entreprise, l'acidité aurait augmenté et la crème fraîche aurait présenté un goût acide. Ceci pourrait être dû à la résistance accrue des micro-organismes à la chaleur indiquant l'insuffisance du traitement thermique appliqué à détruire les levures et moisissures, et le plus possible d'enzymes.

L'ensemble des résultats obtenus sont conformes aux normes internes fixées par l'entreprise.

IV.1.5. Préparation alimentaire à base de plantes

Le pH de la préparation alimentaire utilisée pour l'élaboration du fromage frais enrichi est de 4.39.

Selon la législation française, **l'article 2 de l'arrêté ministériel du 29 septembre 1997**, une préparation culinaire est considérée comme stable lorsque son pH est inférieur à 4,5.

Le résultat obtenu peut s'expliquer par la divergence entre la nature et les quantités de plantes utilisées, où celles de la tomate et de l'épinard forment la plus grande partie de la préparation alimentaire

Le pH des plantes utilisées est comme suit:

Épinard: $5,5 < \text{pH} < 6,8$;

Tomate: $4,2 < \text{pH} < 4,9$;

Piment: $4,6 < \text{pH} < 4,9$

Ail: $5,3 < \text{pH} < 6,3$.

La transformation des aliments va au-delà de la préparation et de la cuisson des aliments, elle fait appel à des principes scientifiques et technologiques de conservation des aliments par le ralentissement ou l'interruption du processus de détérioration. Elle permet aussi de modifier de façon contrôlée et prévisible la qualité gustative des aliments. La transformation des aliments fait appel à la créativité du transformateur pour changer les produits bruts en une série de produits appétissants et attrayants qui ajoutent une variété intéressante au régime alimentaire des consommateurs (Follow,2005).

IV.1.6. Fromage frais et fromage frais enrichi

Les résultats des analyses physico-chimiques du fromage frais et du fromage frais enrichi sont rapportés dans le Tableau XVII.

Tableau XVII : Résultats des analyses physico-chimiques du fromage frais et du fromage enrichi.

Paramètre	Fromage frais	Fromage enrichi	Norme
pH	4,44	4,39	4,45-4,55
Acidité	99	102	90-110
EST %	19,46	19,62	19,20-19,70
MG %	5	5	4,5-5,5

La conformité des paramètres physico-chimiques du produit fini est déterminée par la conformité des paramètres physico-chimiques du caillé maigre et de la crème fraîche ajoutée.

Les résultats du Tableau XVII montrent la conformité des paramètres analysés (pH, acidité, EST et MG) du fromage frais et du fromage enrichi aux normes internes de l'entreprise. Cela indique une bonne maîtrise du processus de fabrication du fromage frais, que ce soit au niveau de la transformation du lait en caillé maigre ou de la préparation de la crème fraîche, ainsi que la préparation alimentaire.

Nous remarquons aussi une différence entre les résultats des analyses physico-chimiques du fromage frais et ceux du fromage enrichi.

IV.1.7. Taux de cendres

La figure 09 présente les résultats du taux de cendres des trois échantillons analysés, en l'occurrence : la préparation alimentaire, le fromage frais et le fromage enrichi.

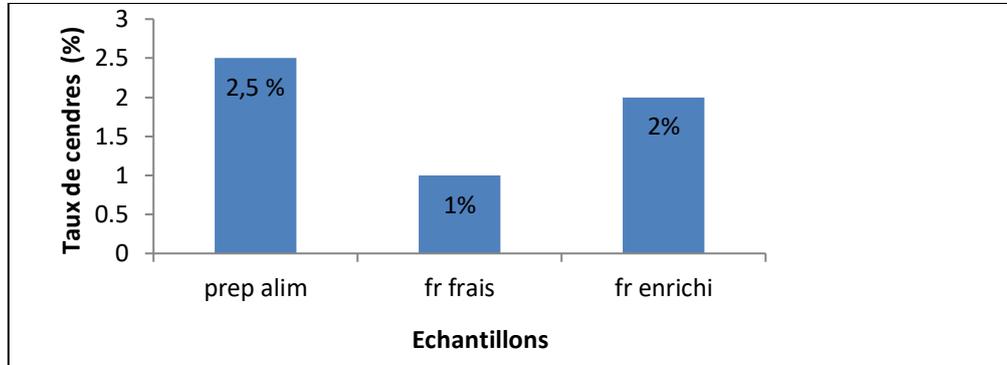


Figure 09: Taux de cendres des trois échantillons analysés (**PREP AIIM** : Préparation alimentaire ; **FR FRAIS** : Fromage frais ; **FR ENRICHI** : Fromage enrichi).

D'après la figure 09, nous constatons que le fromage frais présente le taux de cendres le plus faible (1%), ce qui peut être justifié par la perte d'une grande partie des minéraux qui sont libérés avec le lactosérum. L'ajout de la préparation alimentaire au fromage frais a pu faire augmenter ce taux à 2%.

IV.2. Analyses phytochimiques

IV.2.1. Teneur en composés phénoliques totaux

Après l'addition des réactifs de Folin-Ciocalteu et du carbonate de sodium, une couleur bleu est obtenue dont l'intensité est proportionnelle à la concentration phénolique des extraits.

Les résultats de ce dosage sont présentés dans la figure 10.

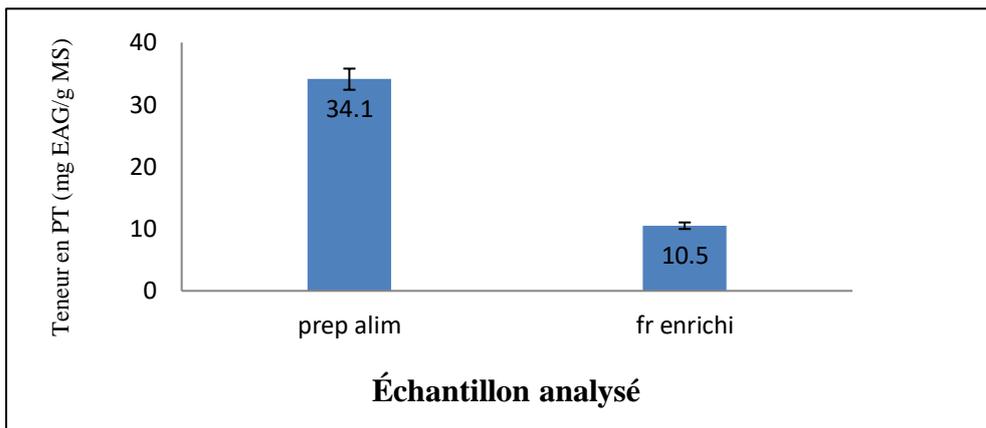


Figure 10 : Teneur en polyphénols totaux des échantillons analysés (**prep alim** : préparation alimentaire, **fr enrichi** : fromage enrichi).

La teneur en composés phénoliques est de 34.1 ± 0.05 mg EAG/g MS pour la préparation à base de plantes et de 10.5 ± 0.05 mg EAG/g MS pour le fromage enrichi (figure 10). Ces résultats montrent qu'il y a une différence entre les deux extraits. En effet, la quantité de composés phénoliques dans la préparation alimentaire est plus grande que celle du fromage enrichi. Cela pourrait être dû à la teneur élevée en eau dans le fromage frais (80g/100g de fromage frais). D'ailleurs, **Ribéreau-Gayon(1968)** a rapporté que l'eau est une source de dégradation des polyphénols car elle entraîne leurs oxydations.

Selon **Ribéreau-Gayon(1968)**, l'extraction des composés phénoliques à partir d'une poudre végétale peut rencontrer plusieurs problèmes à cause de la présence de différents types d'enzymes dans les cellules végétales qui provoquent leur modification. Le séchage du végétal est une bonne méthode pour éliminer les activités enzymatiques car la température de séchage peut être un facteur destructeur des polyphénols. Sachant que dans ce travail, la tomate et le piment sont séchés à l'air libre, alors que l'épinard et l'ail le sont au four. Également, la préparation alimentaire a subi à la fin un traitement thermique.

Ce résultat pourrait également être dû aux ingrédients ajoutés comme le sel et l'amidon qui pourraient influencer la teneur en polyphénols.

Goli et al.(2005) et **Naczki et Shahidi(2006)** ont rapporté qu'il y a d'autres facteurs pouvant influencer la teneur en polyphénols à savoir : le type de solvant d'extraction, la taille des particules ainsi que le temps d'extraction.

IV.2.2. Teneur en flavonoïdes

En utilisant la méthode de trichlorure d'aluminium de Lamaison et Carnet(1990), une coloration jaunâtre est apparue.

Les résultats obtenus sont décrits dans la figure 11.

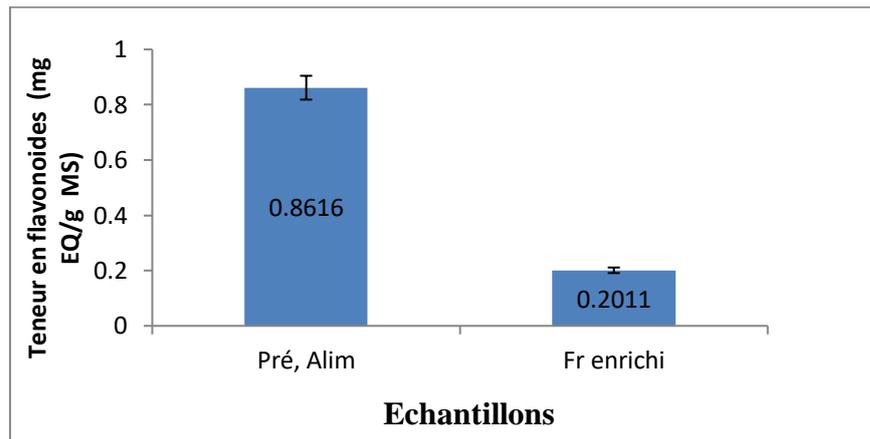


Figure 11 : Teneurs en flavonoïdes des deux échantillons analysés (**prep alim** : préparation alimentaire, **fr enrichi** : fromage enrichi).

La figure 11 montre que la teneur en flavonoïdes de la préparation à base de plantes est de 0.861 ± 0.05 mg EQ/g MSet celle du fromage enrichi est de 0.2011 ± 0.05 mg EQ/g MS. Ces valeurs sont faibles, soit dans la préparation alimentaire ou dans le fromage enrichi.

Xia et al. (2014) ont rapporté que les conditions géographiques et climatiques peuvent entraîner des différences importantes dans les concentrations des deux composés bioactifs (polyphénols totaux et flavonoïdes) dans les plantes et leur bio-activité pour la santé humaine.

IV.3. Analyses microbiologiques

L'analyse microbiologique est indispensable pour assurer au produit une bonne qualité est une bonne conservabilité (**Guiraud, 2003**).

IV.3.1. Préparation alimentaire

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la préparation alimentaire sont présentés dans le Tableau XVIII.

Tableau XVIII : Résultats des analyses microbiologiques de la préparation alimentaire.

Germes	Résultat
Coliformes totaux	Abs
Coliformes fécaux	Abs
FTAM	Abs
Levures et moisissures	Abs
Clostridium sulfite réducteurs	Abs
Entérobactéries	Abs

Abs : Absence ; FTAM : Flore totale aérobie mésophile.

Les résultats trouvés montrent que la préparation alimentaire est de bonne qualité microbiologique, témoignant au même temps de l'efficacité du traitement thermique appliqué et la bonne qualité hygiénique des différentes matrices végétales utilisées.

IV.3.2. Produit semi fini

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le produit semi-fini sont illustrés dans le Tableau XIX.

Tableau XIX : Résultats des analyses microbiologiques du produit semi fini.

Étapes de fabrication	Germe			
	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Levures	Moisissures
Pasteurisation	Abs	Abs	Abs	Abs
Maturation	Abs	Abs	Abs	Abs
Thermisation	Abs	Abs	Abs	Abs
Séparation	Abs	Abs	Abs	Abs
Refroidissement	Abs	Abs	Abs	Abs
Stockage	Abs	Abs	Abs	Abs
Norme	10	01	<10 ²	Abs

Abs : Absence.

D'après les résultats indiqués dans le tableau XIX et suivant les normes internes de l'entreprise, nous notons l'absence totale de tous les germes recherchés au cours de la ligne de fabrication (pasteurisation, maturation, thermisation, séparation, et refroidissement).

Cette conformité est due :

- Au bon respect des traitements thermiques effectués ;
- A l'environnement d'analyse et l'usage d'un matériel bien stérile ;
- Au respect des bonnes pratiques d'hygiène.

IV.3.3. Fromage frais

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le produit fini sont illustrés dans le tableau XX.

Tableau XX : Résultats d'analyse microbiologique du produit fini.

Germe	Résultats					Norme
	Éch 01	Éch 02	Éch 03	Éch 04	Éch 05	
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	01
Entérobactéries	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10
Levures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	<10 ²
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Abs : Absence ; **Éch** : Échantillon.

Au vu des résultats des analyses présentés dans le Tableau XX, nous remarquons une absence totale des différents germes recherchés montrant que le fromage frais est de bonne qualité microbiologique. Ces résultats peuvent s'expliquer par la bonne pratique d'hygiène et l'efficacité du traitement thermique (pasteurisation) appliqué.

IV.3.4. Fromage enrichi

Les résultats des analyses réalisées sur le fromage enrichi sont présentés dans le Tableau XXI.

Tableau XXI : Résultats de l'analyse microbiologique du fromage enrichi.

Germes	Échantillon 01	Échantillon 02
Coliformes totaux	Abs	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs
FTAM	2 colonies envahissantes	Abs
Levures et moisissures	Abs	Abs
Clostridium sulfite réducteurs	Abs	Abs
Entérobactéries	Abs	Abs

Abs : Absence ; **FTAM** : Flore totale aérobie mésophile.

D'après les résultats des analyses microbiologiques faites sur le fromage enrichi (Tableau XXI), nous constatons une absence totale des germes recherchés. Ceci pourrait être expliqué par l'efficacité du traitement thermique qui a permis la destruction des microorganismes, ainsi que la bonne qualité microbiologique des différentes matières premières utilisées.

L'apparition de deux colonies envahissantes dans l'échantillon 01 au cours de la recherche de la FTAM pourrait être due à une mauvaise manipulation à savoir l'utilisation d'un matériel non stérile.

IV.4. Analyse sensorielle

Les données sont rassemblées à partir des questionnaires distribués aux dégustateurs de deux fromages (le produit A qui est le fromage frais et le produit B est le fromage enrichi en plantes), puis sont traitées avec le logiciel XL STAT. Les principales tâches de ce logiciel utilisé pour l'interprétation des résultats sont : la caractérisation du produit, l'analyse en composante principale, la classification ascendante hiérarchique, ainsi que la préférence MAPPING.

IV.4.1. Plan d'expérience

Le test du plan d'expérience avec XL Stat-MX est utilisé pour créer un plan d'expérience optimale ou quasi optimale dans le cadre d'expériences visant à modéliser les préférences d'un ensemble de consommateurs ou d'experts pour différents produits (PérineletPagès, 2004).

Le plan d'expérience utilisé figure dans le Tableau XXII.

Tableau XXII : Evaluation du plan d'expériences.

A-Efficacité	1.000
D-Efficacité	1.000

Une fois les données brutes des jurys experts et des consommateurs naïfs sont rapportées sur le logiciel, la procédure de génération d'un plan d'expériences est lancée. Après la génération du plan d'expérience pour l'analyse sensorielle, nous remarquons que les deux critères A-efficacité et D-efficacité sont égaux, car toutes les valeurs propres sont égales. Ces résultats indiquent que notre plan est validé et nous permet de mettre en œuvre notre étude sensorielle.

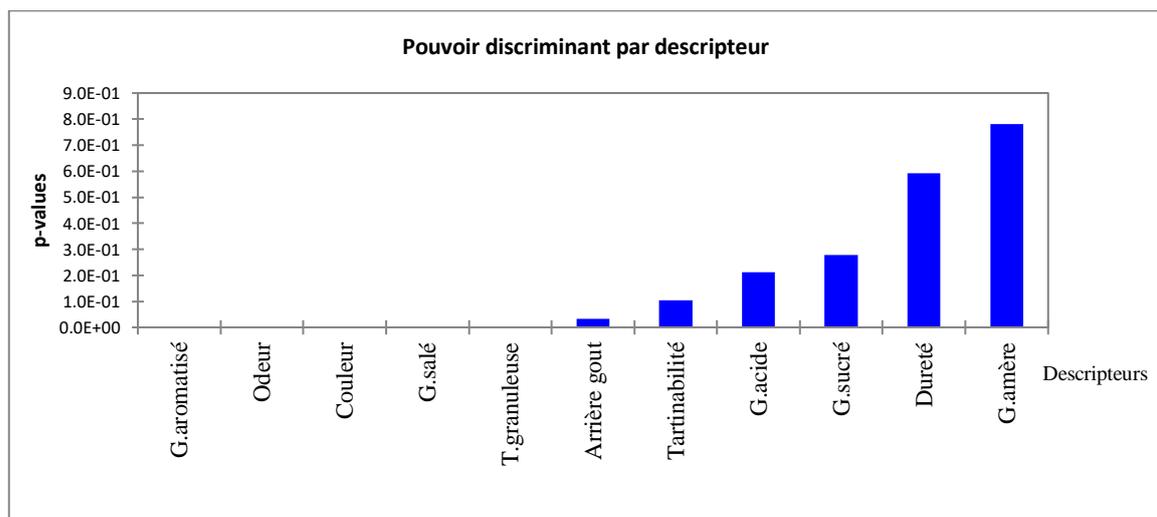
IV.4.2. Caractérisation du produit

Cette analyse permet de caractériser rapidement des produits en fonction des préférences des juges, donc il s'agit d'identifier les descripteurs qui discriminent le mieux les produits et de déterminer les caractéristiques importantes de ces derniers dans le cadre de l'analyse sensorielle (Husson et al., 2009).

IV.4.2.1. Pouvoir discriminant par descripteurs

Ce test permet d'ordonner les descripteurs, du descripteur qui possède le pouvoir discriminant le plus fort sur les produits à celui qui en possède le plus faible.

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 12.

**Figure 12** : Pouvoir discriminant par descripteur.

Les résultats obtenus montrent que le pouvoir discriminant par descripteur est dominant pour : le goût aromatisé, l'odeur, la couleur, le goût salé et la texture granuleuse. L'amertume, la dureté, la sucrosité, l'acidité, la tartinabilité et l'arrière-goût sont les moins discriminés par le jury expert.

IV.4.2.2. Coefficients des modèles

Les coefficients des modèles sont sélectionnés pour chaque descripteur et chaque produit. Dans les figures 13 et 14, la couleur bleue indique les caractéristiques dont le coefficient est significativement positif, par ailleurs, la coloration rouge désigne celles dont le coefficient est significativement négatif.

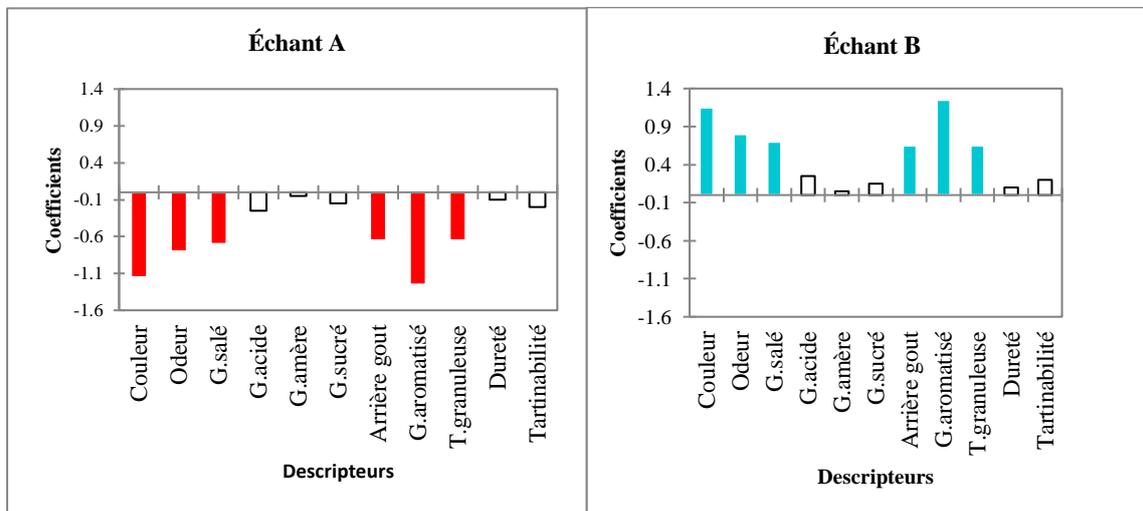


Figure 13 : Coefficient des modèles de l'échantillon A.

Figure 14 : Coefficient des modèles de l'échantillon B.

D'après la figure 13, le produit A est caractérisé par une coloration blanchâtre, une odeur, une salinité, un parfum et un arrière-goût faible avec une texture peu granuleuse. À l'exception de la tartinabilité, la dureté, la sucrosité, l'amertume et l'acidité qui ne sont pas significatifs.

La figure 14 montre que le produit B est caractérisé, contrairement au produit A, par une couleur et un parfum intense, une odeur forte, et une salinité, un arrière-goût et une texture granuleuse moyenne. À l'exception de l'acidité, l'amertume, la sucrosité, la dureté, et la tartinabilité qui ne sont pas significatifs comme le produit A.

IV.4.2.3. Moyennes ajustées par produits

Les moyennes ajustées sont illustrées dans le Tableau XXIII.

Tableau XXIII : Moyennes ajustées par produit.

	Clr	Odr	G.slé	G.ac	G.amr	G.scr	Ar. G	G.arm	T.Gr	Drt	Tr
ÉchantB	3,400	3,600	3,300	2,600	1,900	1,700	2,800	4,000	2,500	2,700	1,600
Échant A	1,100	2,000	1,900	2,100	1,800	1,400	1,500	1,500	1,200	2,500	1,200

Clr :couleur ;**Odr** :odeur ;**G.slé** :goût salé ;**G.ac** :goûtacide ; **G.amr** :goût amère ;**G.scr** :goût sucré ;**Ar.G** :arrière-goût .**G.arm**: goût aromatisé;**T.Gr**:texture granuleuse;**Drt**:dureté ;**Tr**:tartinabilité.**Échant B** : ÉchantillonB ; **Échant A** :Échantillon A.

Le Tableau XXIII permet de faire ressortir les moyennes lorsque les différents produits et les caractéristiques sont croisés. Nous constatons que la couleur bleue indique les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale et la couleur rouge celles qui sont significativement petites que la moyenne globale.

D'après ces résultats, nous constatons que les valeurs des caractéristiques mentionnées en bleu appartenant à l'échantillon B (la couleur, l'odeur, le goût salé, l'arrière-goût, le goût aromatisé et la texture granuleuse) ont des moyennes supérieures par rapport à la moyenne globale. Contrairement à l'échantillon A dont les mêmes caractéristiques sont mentionnées en rouge, ce qui indique que les valeurs de ces dernières sont significativement plus petites que la moyenne globale.

Nous pouvons donc conclure que le produit B est plus apprécié que le A.

IV.4.3. Cartographie des préférences

Ce test permet de visualiser sur une même représentation graphique, d'une part des objets (produits) et d'autre part des indications montrant le niveau de préférence du jury expert en certains points de l'espace de représentation.

IV.4.3.1. Synthèse de mapping d'appréciation

Les résultats de cette analyse sont présentés dans les tableaux XXIV et XXV, et la figure 15

Tableau XXIV : Pourcentage de juges Satisfaits pour chaque objet

Objet	%
Produit A	75%
Produit B	75%

Tableau XXV: Objets classés par ordre croissant de préférence

Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Produit A	produit B	produit A	produit B
Produit B	produit A	produit B	produit A

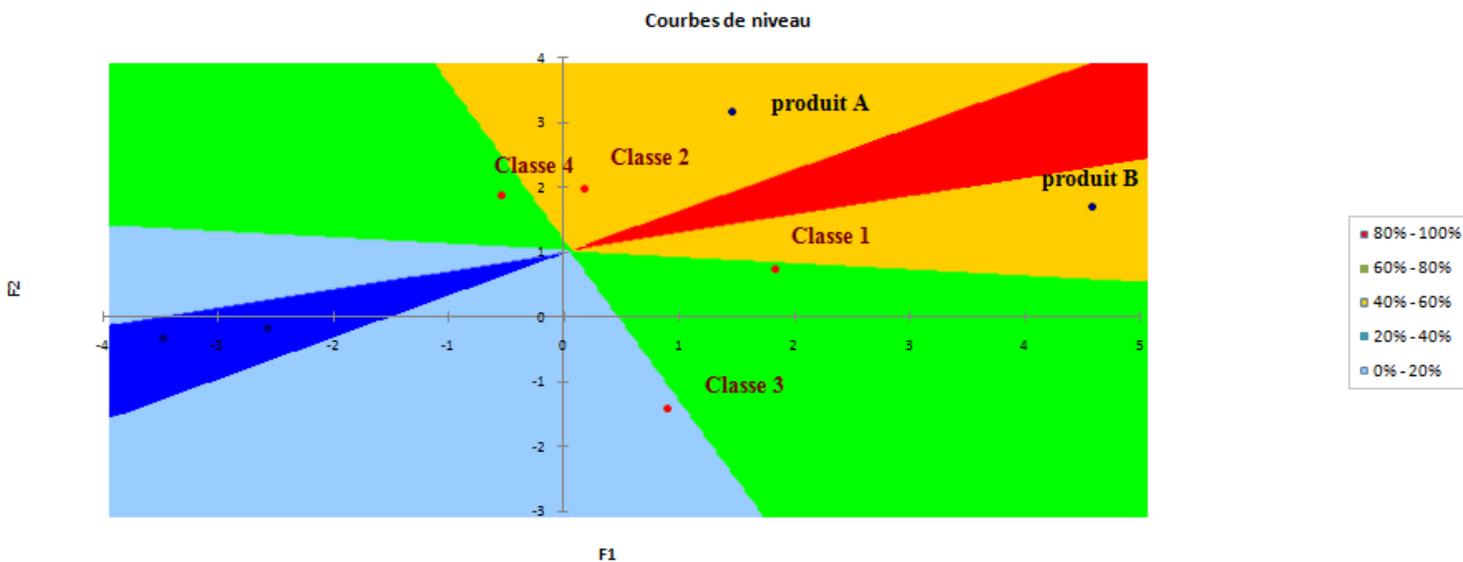


Figure 15: Courbe de niveau et carte de préférences.

D'après les Tableaux XXIV et XXV, nous constatons que les deux produits A et B sont préférés aux mêmes degrés par les dégustateurs.

Selon la courbe de niveau présentée dans la figure 15, nous remarquons que les classes 4 et 2 préfèrent le produit A qui est le fromage frais nature, par contre les classes 3 et 1 préfèrent le produit B qui est le fromage enrichi en plantes.

À la lumière des résultats obtenus par l'analyse sensorielle, nous concluons que les deux fromages sont appréciés au même niveau.

Conclusion

Conclusion et perspectives

Notre stage qui a été réalisé au niveau de la laiterie SARL SOUMMAM, nous a permis de développer et de mettre en pratique les connaissances acquises pendant notre cycle d'étude.

L'objectif de ce présent travail était d'élaborer un fromage frais enrichi avec une préparation alimentaire formée de quatre légumes différents, en l'occurrence : l'épinard, l'ail, la tomate et le piment ; dont le but est d'améliorer ses qualités nutritionnelle et organoleptique. Pour cela, un ensemble d'analyse (physico-chimique, phyto-chimique, microbiologique et sensorielle) a été effectué.

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur la poudre de lait, le lait cru, le produit semi fini, la préparation de légumes et le fromage enrichi montrent que ces derniers sont conformes aux normes en vigueur. Ce qui révèle d'une part la bonne qualité des matières premières, et d'autre part la maîtrise du processus de fabrication.

Les résultats des analyses microbiologiques sont également conformes aux normes, indiquant le respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication.

L'étude phyto-chimique a montré que l'extrait des quatre légumes de la préparation alimentaire contient une teneur de 34.1 ± 0.05 mg EAG/g MS en polyphénols totaux et 0.861 ± 0.05 mg EQ/g MS en flavonoïdes, alors que l'extrait du fromage frais enrichi présente $10,5 \pm 0.05$ mg EAG/g MS de polyphénols totaux et $0.2011, \pm 0.05$ mg EQ/g MS de flavonoïdes.

L'analyse sensorielle réalisée montre que les deux fromages préparés sont appréciés au même niveau par les dégustateurs.

Les résultats de la présente étude restent préliminaires. Il serait donc intéressant d'approfondir cette étude par:

- L'étude de la formulation du fromage frais par le plan d'expériences pour trouver la meilleure formule possible ;
- L'étude des propriétés rhéologiques et structurales du fromage ;
- Le dosage des chlorures ;
- La caractérisation des extraits de chaque plante utilisée dans la préparation alimentaire.

*Références
bibliographiques*

A

Afnor, (1980). De la qualité des produits laitiers-analyses physico-chimique.

Afnor. (1999). Lait et produits laitiers.Tome 1, 147p.

Afnor, (2005).Dossier de reconduction du test beta-star.

Agraphid, Monnet Y., Hulle M., Ighil E.T. & Robert Y., 1999. Les pucerons des plantes maraîchères : cycles biologiques et activités de vol. Ed. Quae, 136 p

Arrêté du 29 septembre 1997, fixant les conditions d'hygiène applicables dans les établissements de restauration collective à caractère social.

B

Bauer W.J., Badoud R., Loliger J., Etaurnaud A. (2010). Science et Technologie des Aliments, chap. 3 Lipides, chap. 11 Analyse Sensorielle, 1ère éd. Presses polytechniques et universitaires, Italie, ISBN : 978-2-288074-754, p. 167-168.

Berger, J. (2004). "Enrichissement des aliments en micronutriments: élément d'une stratégie intégrée de lutte contre les carences en micronutriments, en particulier en fer, dans les pays en développement." Presses Universitaires de Ouagadougou ; IRD, 2004, p. 563-575.

Bernier P. D., Borvano M. , Ougasta F. , 2004. Syndrome du côlon irritable.

Manuel de nutrition clinique en ligne. Ordre professionnel des diététistes du Québec P 12

Boullard B., 2001. Plantes Médicinales Du Monde : Croyances Et Réalités. Ed. Estem, 636 p

Branger, A. Richer, M.M., Roustel, S., 2009. Alimentation, processus technologiques et contrôles. Educagri Editions.

Brennan C. S., Kuri V. & Tudorica C. M., 2003. Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation. Food Chemistry, 86(2), 189-193.

Bucic-Kojic A, Planine M, Tomas S, Billie C ET Vellie D, (2007). Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. Journal of Food Engineering, 81,236-242.

Bylund G. (1995). Dairy processing hand book- tetra-pack processing systems ABS. Ed: Lund. Sweden. p 436.

C

Carole L.Vignola., 2002. Science et technologie du lait. Edit. Fondation de technologie laitière du Québec Inc., Canada, 599p.

Chillo S., Laverse J., Falcone P.M., Protopapa A. & Del Nobile M.A.,2008b. Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. *Journal of science*, 47 (2), 144-152.

Claude JM, Michel P et Jacques R. (2002). Lait de consommation. In : Vignola CL. (Eds.), Science et technologie du lait. Presses Internationales Polytechnique, Québec, Canada, pp.277-321.

Cronqist. ,1981. Alpha-tocopherol: roles in prevention and therapy of human disease . *Biomed Pharmacother*.

D

Djeridane B; Nadjemi S; Maamri F; Djireb P; Stocker.(2006). Phenolic extracts from various Algerian plants as strong inhibitors of porcine liver carboxyl esterase, *J Enzyme Inhib Med Chem*, Volume 21, No 6, pp 719-726.

Dulor JP, (2002). La France aux 400 fromages. Ecole National Agronomique de Montpellier.France.

E

Eck A et Gillis J.C. (2006). Le fromage. 3eme éd, Lavoisier, Paris, 874p.

Elisabeth Cerqueira, Marise Charron et Nolwenn Gouezel.2015. Superaliments anti-âge : Pour retarder les effets du vieillissement. Edition Modus Vivendi. Montréal, Canada .pp16-17

F

Fao/Who. (1994) Codex Alimentarius, Vol 4, 2ème édition.

Fao, 1996. Codex Alimentarius : Céréales, légumes secs, légumineuses, produits dérivés et 2^{ème} protéines végétales. FAO. Vol 7.édition. Rome, 164 p.

Fao, 2010.

Figliuolo ,G ,Candido,V ,Logozza,G,Miccolis,V,Spagnolettizeli,P.L.(2001). Genetic evaluation of cultivated garlic germplasm (*Allium sativum* L.and *A. ampeloprasum* L) *Euphytica* 121,235-334

Fox P.F. (2003). The major constituent of milk. In: Part I: Dairy product safety and quality, 170p.



Grappin R, Lefier D et mazerolles G. (2006). La spectroscopie infrarouge et ses applications analytiques. Ed dunod, Paris, 626.

Gelais ST.D., Tirrard-Coller P., Belanger G., Drapeau R et Couture R. (2002). Le fromage. In : Science et technologies de transformation du lait. Vignola C.L. Ed, Presses internationales polytechnique, 349-413p.

Goli A H., Berzeger M and Sahari M A. 2005. Antioxidant activity and total phenolic compound of pistachio (*pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry*. 92:521-525.

Guiraud JP., 1998. Microbiologie Alimentaire. Ed Dunod, Paris, 652p.

Guiraud J.P, (2003). Microbiologie alimentaire. Tec & Doc, Dunod. Paris. p 90-92.

Guiraud, J et Galzy, P. (2003). Microbiologie alimentaire. Paris: les éditions de l'usine nouvelle. p 239.



Harbutt,J ;2009. World Cheese Book.Penguin.

Hadry J. et Scher J., 1997. Les propriétés physiques et organoléptiques du fromage. 1. Propriétés physiques. Pp. 479-492. In le fromage, de la science à la'assurance qualité. (Coord. A. ECK et J.C. GUILKLIS), 3èmed. Tec et Doc. Lavoisier, 891p.

Hayaloglu A. A et Farkye N. Y,(2011).Cheese with added herbs, Spices and condiments.

Herbert S. (1999). Caractérisation de la structure moléculaire et microscopique de fromage à pâte molle, analyse multi variée des données structurales en relation avec la texture. Thèse :Ecole Doctorale Chimie Biologie de l'Université de Nantes, France, 188p.

Husson F LÊ S et Pagès J, (2009). SensoMineR dans Evaluation sensorielle_Manuel méthodologique, 3ème éd. Lavoisier, vol. 23, p. 16.

J

Jacques M, (1998). Initiation à la physico-chimie du lait. Technique et documentation. P.338

Jeantet Romain, C.T., GarricGilles, Brulé Gérard, 2017. INITIATION A LA TECHNOLOGIE FROMAGERE, lavoisier TEC & DOC ed.

J.O.R.A.N°35, 1998. Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers.

K

Koch,H .P et Lawson, L,D ,(1996).Garlic :the science and thérapeutique application of Allium

L

Lacoste S., 2014. Ma bible de la phytothérapie : Le guide de référence pour se soigner avec les plantes. Leduc.s Éditions, 648 p

Lagnika L. (2005). Etude Phytochimique et Activité Antipaludique de Substances Naturelles issues de Plantes Béninoises. Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur de Strasbourg/Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 268 pp.

Lamaison J.L.C et Carnet A. (1990). Teneurs en principaux flavonoïdes des fleurs de *Crataegus monogyna* Jacq et de *Crataegus laevigata* (Poiret D.C) en fonction de la végétation. *Pharmaceutica Acta Helveticae*, 65 p315-320.

Lamontagne, M., Champagne, C.P., Reitz-Asseur, J., Moineau, S., Grandier, N.,

Lamoureux, M., Jean, J., Fliss, I., 2002. Microbiologies du lait, in : Lapointe-Vignola, C.(Ed.), Science et technologie du lait : transformation du lait, Presses inter Polytechnique, Montréal, pp.75-99

Luquet FM. (1985). Laits et produits laitiers vaches, brebis, chèvre. Ed, Tec et Doc, lavoisier, paris, p 307

M

Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G., 2000. Initiation à la technologie fromagère. Editions

Tec & Doc.

Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G. (2007). Initiation à la technologie fromagère. Tech et Doc, Lavoisier, France. 154.

Miller E-C, Craig W- H, Steven J. Schwartz. John W et Erdman, Jr. Thomas W.-M. Boileau, and Steven K. Clinton. (2002). Lycopene, tomato products, and prostate cancer prevention. Have we established causality? 74(8): 1435–1441.

Munro D. B. & Small E., 1998. Les légumes du Canada. Ed. Nrc Research Press. P 436 .



N

Nacz M. et Shahidi F. 2006. Phenolic incereals, fruits and vegetables : Occurrence, extraction and analysis. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis. 41:p 1523-1542.



P

Peter Fellows. 2005. FAO Brochure sur la diversification 5: Transformer les aliments pour améliorer les moyens d'existence. p1-2



R

Ramet, 1985. Le fromage, volume 2, 3 éditions, p54.

Ranc N. (2010). Analyse de polymorphisme moléculaire de gène de composantes de la qualité des fruits dans les ressources génétique sauvages et cultivées de tomate ; recherche d'association gènes/QTL. Thèse de doctorat en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosciences, Environnement. De l'école supérieure Agronomique de Montpellier-Supagro. Montfavet, France .218 p

Ribéreau-Gayon P. 1968. Notions générales sur les composés phénoliques. In : les composés phénoliques des végétaux..Edition dunod. PP : 1-27

Richard J et Desmazeaud M. (1997). Le lait de fromagerie. In: Eck A et Gilis JC. (Eds.), Le fromage. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, pp.202-209.

S

Senninger F,(2009) .L'ail et ses bienfaits. Saint-Julien-en-Genevois; Genève-Bernex: Editions Jouvence; 2009, 94p.

Shori A et A. S. Baba, (2013). "Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by Azadirachta indica-yogurt." Journal of Saudi Chemical Society 17(3): 295-301.

Singleton V.L, Rossi J.A, (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16 (3) 144–158

Soares, A.A., Marques De Souza, C.G., Daniel, F.M., Ferrari, G.P., Gomes Da Costa, S. M., Peralta, R.M, (2009). Antioxidant activity and total phenolic content of *Agaricus brasiliensis* (*Agaricus blazei* Murril) in two stages of maturity. Food Chemistry 112 (4),775–781.

Stekel, A., Olivares, M., Pizzaro, F., Amar, M., Chadud, P., Cayazzo, M., Llaguno, S., Vega,V., Hertrampf, E. (1985). The role of ascorbic acid in the bioavailability of iron from infant foods. International Journal for Vitamin and Nutrition Research 27, 167-175.

T

Tabuti, J. R., Dhillon, S. S., and Lye, K. A. (2003). "Ethnoveterinary medicines for cattle (*Bos indicus*) in Bulamogi county, Uganda: plant species and mode of use." Journal of Ethnopharmacology, 88(2), 279-286.

Toussaint A et Baudoin J-P. (2010). Biodiversité chez la tomate, stratégie de conservation et valorisation de la collection <<Luc Fichot*>> Gembloux agro bio tech. 102 p.

V

Veisseyre R. (1975) : Technologie du lait. Constitution, récolte, traitement et transformation du lait. La maison Rustique. Paris. P.692.

Verdier N-A, Sadat A-W, Clément D-A, Emmanuel N-A et Georges N-A. (2016). Impact of Solar and Microwave Oven Drying on A Few Chemical Parameters of Market

Value Quality of Fermented Forastero (Theobroma Cacao L.). Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 12(4): 402-406.

Vignola C L. (2002). Science de la technologie du lait. Ed : École polytechnique de Montréal. p 600.



Walther B, Schmid A, Sieber R et Wehrmuller K. (2008). Cheese in nutrition and health. Dairy Sci. Technol, 405p



Xia, X., Cao, J., Zheng, Y., Wang, Q., Xiao, J., 2014. Flavonoid concentrations and bioactivity of flavonoid extracts from 19 species of ferns from China. Industrial Crops and Product 58, 91–98



Zainoldin, K..H., Baba, A.S., 2009. World academy of science, Engineering and Technology International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering Vol :3, No :12.

Références électroniques

Anonyme 01 : <https://www.lejardinduprimeur.fr/produit/epinard-botte/>

Anonyme 02 : <https://www.aujardin.info/fiches/bienfaits-epinards.php>

Annexes

Annexes

Annexe 01 : Présentation de l'organisme d'accueil

La **Laiterie Soummam** est une entreprise familiale algérienne créée par l'entrepreneur Lounis Hamitouche en 1993. Son siège se trouve à Taharacht (Akbou, wilaya de Béjaïa).

Soummam produit et commercialise du lait UHT (nature et aromatisé), des yaourts (en pots et en bouteilles), des fromages frais (nature et aromatisé), des spécialités laitières et autres desserts lactés.

Pour la fabrication de ses yaourts et autres produits laitiers, Soummam utilise des matières premières de qualité importées entre autres de Nouvelle Zélande, d'Irlande, d'Allemagne, de Belgique et de France. Destiné à toutes les franges de la population, le yaourt "Fort" enregistre les meilleures ventes de l'entreprise. Le dessert Bnina occupe la deuxième position car très apprécié par les consommateurs. Les autres produits laitiers et jus sont : Olé, J'nina, Céréalo, Tarte, Acti+

Annexe 02 : Questionnaire d'évaluation sensorielle d'un fromage frais et d'un fromage frais enrichi

Date : .../.../.....

Nom et prénom : Age : Sexe :.....

Deux échantillons de fromage frais codés 1 et 2 vous sont présentés. Il vous est demandé de cocher les cases correspondant à l'impression ressentie, selon l'intensité des descripteurs suivants :

NB : veuillez rincer votre bouche à chaque dégustation d'un échantillon.

-Préférence :

Attribuer une note entre 1 et 9 pour chaque échantillon selon son appréciation comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

1-Extremement désagréable.

2-Très désagréable.

3-Désagréable

4-Assez désagréable

5-Ni agréable ni désagréable

6-Assez agréable

7-Agréable

8-Très agréable

9-Extremement agréable.

Échantillon 1	Échantillon 2

- Quels sont les caractéristiques qui ont motivés votre choix :

Odeur

Goût

Couleur

Texture

Toutes



—Merci pour votre coopération



Annexe 03: Questionnaire d'évaluation sensorielle d'un fromage frais et d'un fromage frais enrichi.

Date : .../.../.....

Nom et prénom : Age : Sexe :

Deux échantillons de fromage frais codés 1 et 2 vous sont présentés. Il vous est demandé de cocher les cases correspondant à l'impression ressentie, selon l'intensité des descripteurs ci-après.

Il vous est demandé d'évaluer les différentes caractéristiques en attribuant une note entre 1 et 5.

NB : veuillez rincer votre bouche à chaque dégustation d'un échantillon.

I. Couleur :

- 1- Blanche
- 2- Beige
- 3- Orange
- 4- Verte
- 5- Mélange

Échantillons	1	2
Note attribuée		

II. Odeur :

- 1- Absente
- 2- Faible
- 3- Moyenne
- 4- Forte
- 5- Très forte

Échantillons	1	2
Note attribuée		

III. Goût

a. Goût salé :

- 1- Absent
- 2- Faible
- 3- Moyen
- 4- Fort
- 5- Très fort

Échantillons	1	2
Note attribuée		

b. Goût acide :

- 1- Absent
- 2- Faible
- 3- Moyen
- 4- Fort
- 5- Très fort

Échantillons	1	2
Note attribuée		

c. Goût amère :

- 1- Absent
- 2- Faible
- 3- Moyen
- 4- Fort
- 5- Très fort

Échantillons	1	2
Note attribuée		

d. Goût sucré :

- 1- Absent
- 2- Faible
- 3- Moyen
- 4- Fort
- 5- Très fort

Echantillons	1	2
Note attribuée		

e. Arrière-goût :

- 1- Absent
- 2- Faible
- 3- Moyen
- 4- Fort
- 5- Très fort

Échantillons	1	2
Note attribuée		

f. Goût aromatisé :

- 1- Absent
- 2- Faible
- 3- Moyen
- 4- Fort
- 5- Très fort

Échantillons	1	2
Note attribuée		

IV. Arôme identifié :

- 1- Absent
- 2- Épinards
- 3- Tomate
- 4- Ail
- 5- Piment
- 6-

Échantillons	1	2
Note attribuée		

V. Texture :**a- Texture granuleuse :**

- 1- Absent
- 2- Faible
- 3- Moyen
- 4- Fort
- 5- Très fort

Échantillons	1	2
Note attribuée		

b- Dureté :

- 1- Très mole
- 2- Mole
- 3- Moyenne
- 4- Dur
- 5- Très dur

Échantillons	1	2
Note attribuée		

c- Tartinabilité :

- 1- Très facile
- 2- Facile
- 3- Moyenne
- 4- Difficile
- 5- Très difficile

Échantillons	1	2
Note attribuée		

VI. Préférence

- Attribuer une note entre 1 et 9 pour chaque échantillon selon son appréciation comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

- 1- Extrêmement désagréable.
- 2- Très désagréable.
- 3- Agréable.
- 4- Assez désagréable.
- 5- Ni agréable, ni désagréable
- 6- Assez agréable.
- 7- Agréable.
- 8- Très agréable.
- 9- Extrêmement agréable

Échantillons	1	2
Note attribuée		

- Quels sont les caractéristiques qui ont motivés votre choix :

- 1- Couleur
- 2- Odeur
- 3- Goût
- 4- Texture
- 5- Tout

Échantillons	1	2
Note attribuée		



Merci pour votre coopération



Annexe 04 :Schéma général de la technologie de fabrication des fromages frais.

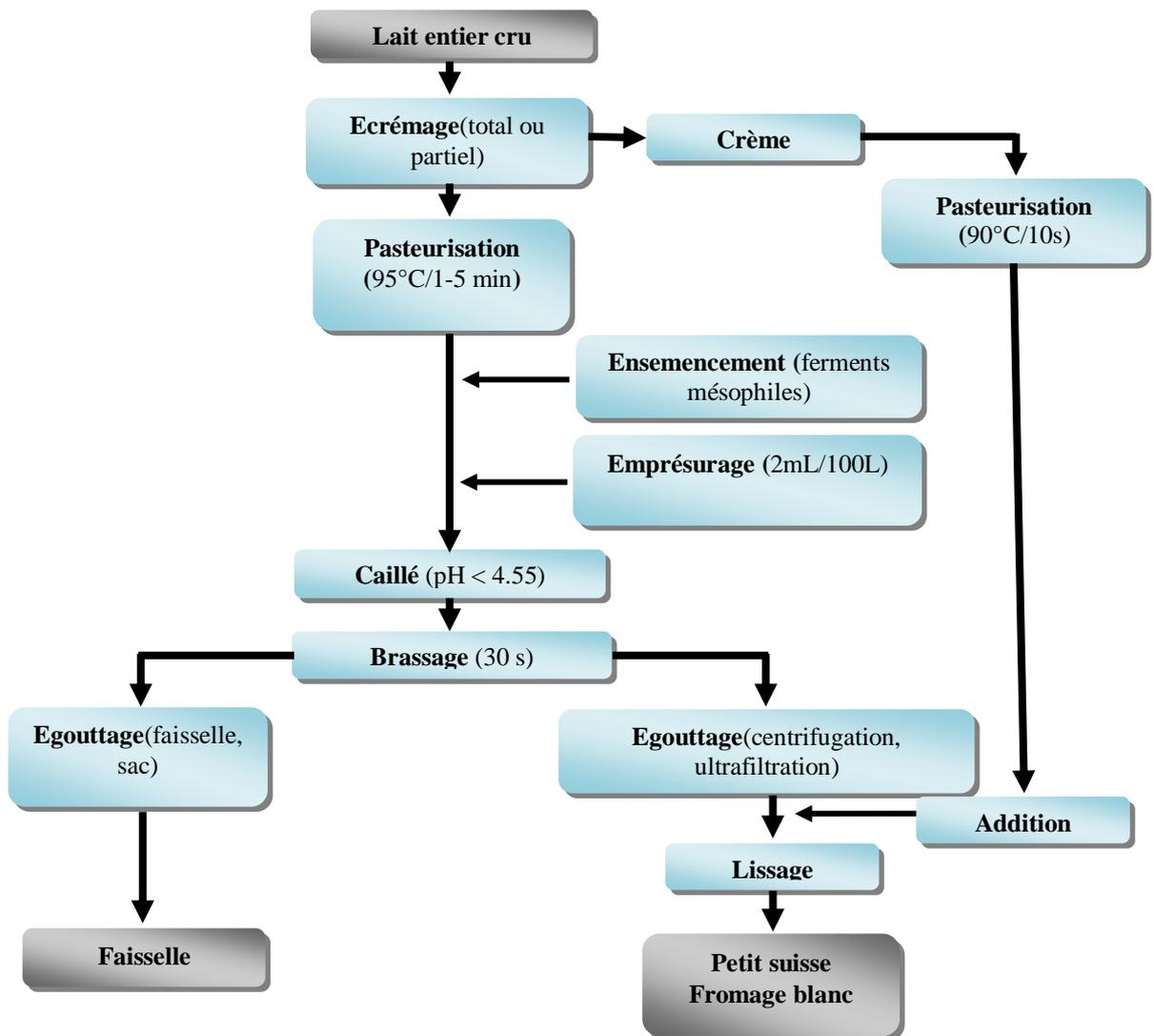


Figure 1: Schéma général de la technologie de fabrication des fromages frais (Jeantet et al., 2008).

Résumé

Le présent travail a été entrepris dans le but d'enrichir un fromage frais avec un mélange de quatre légumes différents qui sont : l'épinard, la tomate, l'ail et le piment, tout en évaluant ses caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques, phyto-chimiques et sensorielles. Le suivi de ces paramètres a été effectué au niveau de l'entreprise SARL SOUMMAM. Pour ce qui est des analyses phyto-chimiques et sensorielles, elles ont été réalisées au niveau des laboratoires de l'université de Bejaia. Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques obtenus montrent que toutes les étapes de fabrication sont conformes aux normes fixées par l'entreprise et le JORA. Ce qui confirme la bonne qualité des matières premières utilisées, la maîtrise du process de fabrication et le respect des bonnes pratiques d'hygiène. La teneur en polyphénols totaux pour l'extrait de la préparation alimentaire et de l'extrait du fromage enrichi sont respectivement de $34,1 \pm 0,05$ et de $10,5 \pm 0,05$ mg EAG /g MS. Les teneurs en flavonoïdes sont de $0,86 \pm 0,05$ et $0,20 \pm 0,05$ mg EQ/gMS respectivement pour l'extrait de la préparation alimentaire et l'extrait du fromage enrichi. Selon l'évaluation sensorielle, le fromage enrichi est apprécié au même niveau que celui non enrichi.

Mots clés : Fromage frais ; légumes ; analyses physico-chimiques ; analyses microbiologiques ; analyses phyto-chimiques ; analyses sensorielles.

Abstract

The present work was undertaken with the aim of enriching a fresh cheese with a mixture of four different vegetables which are: spinach, tomato, garlic and chilli, while evaluating its physico-chemical, microbiological, phyto-chemical and sensory characteristics. The monitoring of these parameters was carried out at the level of SARL SOUMMAM. As for phyto-chemical and sensory analyzes, they were carried out at the laboratories of the Bejaia university. The result of the physico-chemical and microbiological analyzes obtained show that all the manufacturing steps comply with SOUMMAM and JORA standards. This confirms the good quality of the raw materials used, the control of the manufacturing process and the respect of good hygiene practices. The total polyphenol content for the food preparation extract and the enriched cheese extract are respectively 34.1 ± 0.05 and 10.5 ± 0.05 mg GAE/g MS. The flavonoid contents are 0.86 ± 0.05 and 0.20 ± 0.05 mg QE/g MS respectively for the food preparation extract and the enriched cheese extract. According to the sensory evaluation, the enriched cheese is appreciated at the same level as the unenriched one.

Keywords: Fresh cheese; vegetables; physico-chemical analyzes; microbiological analyzes; phyto-chemical analyzes; sensory analyzes.